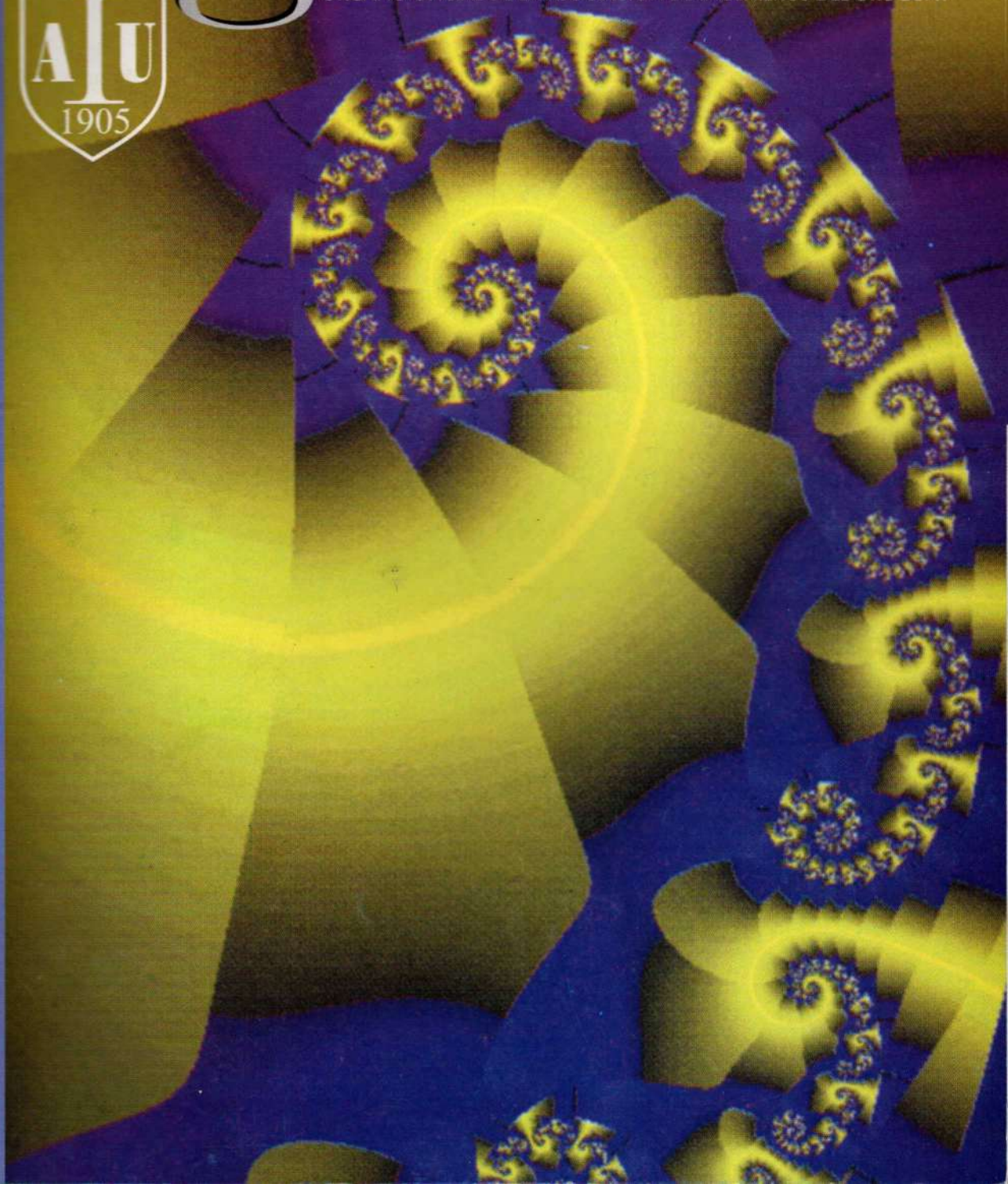
SETIEMBRE 2001 - Nº 42

# REVISTA ingeniería

ORGANO OFICIAL DE LA ASOCIACION DE INGENIEROS DEL URUGUAY

AIU 1905



# Facultad de Ingeniería

## Una sólida formación académica que te prepara hoy para enfrentar los cambios tecnológicos del mañana.

### Carreras:

- Licenciatura en Informática
- Ingeniería en Informática
- Ingeniería en Electrónica
- Ingeniería en Telecomunicación

- Formación universitaria con una cuota mensual a tu alcance.
- Sólida formación científica de base.
- Clases prácticas desde el inicio de la carrera.
- Nuevos laboratorios con tecnología de avanzada.
- Plantel docente de reconocida trayectoria.
- Trabajo final con tutoría individual.
- Grupos reducidos.
- Reconocimiento profesional del egresado en prestigiosas empresas del medio.
- Préstamo de computador portátil para cada estudiante durante toda la carrera.

Universidad Católica
Crecen Profesionales. Crecen Personas.

La realización de todos los cursos está condicionada a la inscripción de un número mínimo de estudiantes por grupo, establecido por la Universidad

### Beneficios adicionales de la Universidad Católica

- Seguro de Estudios - permite al estudiante finalizar la carrera sin costo alguno, en caso de fallecimiento o incapacidad de quien la solvente.
- Cursos y talleres opcionales gratis dentro del área Informática, Inserción Laboral y Desarrollo Personal.
- Intercambios y convenios con más de 200 universidades de todo el mundo.
- Moderna biblioteca con confortables salas de lectura.
- Laboratorios de informática con acceso libre a Internet y correo electrónico gratis.
- Deportes - fútbol, básquetbol, voleibol, handball, hockey.
- Voluntariado - para todos los estudiantes interesados en realizar tareas de promoción social.
- 75 becas para estudiantes de menores recursos.
- Residencia universitaria para estudiantes del interior.

DERECHO
CIENCIAS EMPRESARIALES
CIENCIAS SOCIALES
COMUNICACION
PSICOLOGIA
ODONTOLOGIA
EDUCACION INICIAL
ENFERMERIA

Universidad Católica
Crecen Profesionales. Crecen Personas.

Sede Central: Avda. 8 de Octubre 2738. Teléfono 487 27 17
Secretaría de Información: internos 326 y 327-www.ucu.edu.uy

REVISTA
ingeniería

Comisión Directiva de la
Asociacion de Ingenieros del Uruguay

**Presidente**
Ing. Ind. Eduardo R. Alvarez Mazza

**Vice-Presidente**
Ing. Ind. Walter Dura

**2º Vice - Presidente**
Ing. Ind. Joaquín Próspero

**Secretario**
Ing. Mec. Carlos Malcuori

**Pro - Secretario**
Ing. Civ. Marcos Bigatti

**Tesorero**
Ing. Ind. Mec. Alfredo De Santiago

**Pro - Tesorero**
Ing. Ind. Mec. Daniel Martínez

**Vocales**
Ing. Civ. Enrique Penadés
Ing. Comp. Silvana Olivera
Ing. Civ. Elena Ferreira
Ing. Ind. Federico Cvetreznik

**Gerente**
Daniel Ferreiro

**Redactor Responsable**
Ing. Joaquín Próspero Cassou
Gral. French 2279

**Diseño Gráfico**
Contraarte
Achiras 1377 - Tel.: 709 00 44

**Administración y Publicidad**
Editora de revistas S. R. L.
Vázquez 1434.
Tel. 401 45 11, telefax: 408 50 09

**Impresión**
Imp. AURELIA - D. L. Nº 257.156-96

Todos los derechos reservados. Los artículos firmados que se publiquen son de total y exclusiva responsabilidad de sus autores y la Dirección de la Revista no se solidariza necesariamente con las opiniones en ellos expuestas. De acuerdo a las recomendaciones de la II Convención de UPADI se permite la transcripción de artículos o pasajes de los mismos solamente con la autorización previa y la indicación de la fuente respectiva. Toda correspondencia debe ser encaminada a la Redacción: Cuareim 1492, tel.: 901 17 62, fax: 900 89 51. E-mail: asocing@adinet.com.uy. Internet: www.artech.com.uy/aiu.
Por suscripciones dirigirse a la Redacción. Publicación exonerada de todos los impuestos nacionales (Resolución del P. E. del 13/5/1965). Precio del ejemplar $ 20, (50% de descuento para estudiantes de Ingeniería.
ISSN 0797-05060

La Asociación de Ingenieros del Uruguay está integrada por los siguientes profesionales universitarios. Ingenieros: Civiles, Electricistas, Industriales, Industriales Electricistas, Industriales Eléctricos, Industriales Mecánicos, Mecánicos, Navales, Sist. en Computación.

Editorial

# La Ingeniería para la Sociedad

Continuando la misma línea trazada en la editorial anterior, la cual titulábamos "La Ingeniería y la Sociedad" y en ese caso hablábamos del ejercicio de la profesión orientada hacia el desarrollo del bienestar común, fue que realizamos una serie de actos, conferencias y desayunos de trabajos exponiendo temas que hacen tanto a reconocer la historia de la Ingeniería como la celebración de los 100 años de la construcción del Puerto de Montevideo, así como la participación de la Ingeniería en el apoyo a los Organismos de Acreditación y Certificación de la Calidad y también a los programas de Desarrollo Tecnológico, Ciencia y Tecnología, actividades que podríamos llamar "La Ingeniería en la Sociedad".

El promover permanentemente la participación del Ingeniero en esas áreas, es como decíamos anteriormente, el transitar el ámbito natural de la ingeniería y así es que hoy, prácticamente, hemos implantado una línea de trabajo en la Comisión Directiva, que podríamos abarcar con el lema: "La Ingeniería para la Sociedad".

En este marco, además de reconocer la historia y ubicarnos donde estamos, también trabajaremos para el futuro a través de programas de Prospectivas Tecnológicas, donde la Ingeniería desempeña un rol fundamental, contribuyendo así al desarrollo del país y la comunidad toda.

***Ing. Eduardo R. Alvarez Mazza***
*Presidente*

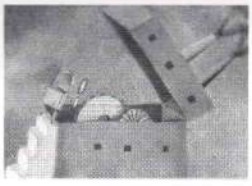
# Sumario

Nº 42

REVISTA ingeniería

## Optimización Integral de Mantenimiento

Ing. Santiago Sotuyo Blanco



Hoy en día el mundo se ha globalizado, para bien o para mal; este es un dato que las organizaciones deben tomar en cuenta.

3

## Programa Nacional de Prospectiva Tecnológica

Sistema Nacional de Innovación

Teniendo en cuenta el «Convenio de Cooperación entre la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y la Presidencia de la República Oriental del Uruguay» de fecha 28 de febrero de 2000 y la documentación y datos que nos proporciona el Ing. Alvaro Ramos, Coordinador Nacional del «Sistema Nacional de Innovación», se resumen algunos conceptos e información relativos al tema.

9

## ¿Por qué visualizar?

Roberto Icasuriaga, de Microsoft Corporation, nos plantea sus conceptos al respecto. En el artículo correspondiente se incluye la forma de instalación y uso del CD Technical Edition de VISIO 2000, que fuera distribuido con el nº39 de REVISTA INGENIERÏA.

12

## Acerca del Caos

Dr. Jorge Lewowicz

Estas notas se refieren al caos determinista, base esencial de los trabajos científicos que apuntan a conformar una Teoría del Caos. Los resultados de esta teoría limitan considerablemente, la presunta pretensión de la ciencia de predecir. A pesar de esto, estos resultados, muy lejos de ser un freno al desarrollo científico, representan un significativo avance para la Ciencia, en todas sus ramas.

14

## Programa de Desarrollo Tecnológico (PDT)

El lunes 30 de julio de 2001, a las 17 horas, tuvo lugar en el Salón de Actos del Edificio Libertad el acto de lanzamiento del Programa de Desarrollo Tecnológico, PDT. En el mismo hicieron uso de la palabra el Presidente Dr. Jorge Batlle y el Presidente del Banco Interamericano de Desarrollo, Cr. Enrique Iglesias.

19

## Ingeniería Biomédica e Informática Médica una nueva especialización en la Facultad de Ingeniería

Ing. Franco Simini, Dr. Fernando Nieto, Ing. Rafael Canetti, Ing. Pedro Tonarelli, Ing. Raúl Ruggia (h) e Ing. Gregory Randall

La medicina ha incorporado una multitud de tecnologías a su acervo de métodos y herramientas del diagnóstico y tratamiento.

21

# Optimización Integral de Mantenimiento

*Ing. Santiago Sotuyo Blanco*

## 1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día el mundo se ha globalizado, para bien o para mal; este es un dato que las organizaciones deben tomar en cuenta.

En ese marco se percibe una situación en la cual los *Clientes* buscan calidad, precio y servicio; los *Inversores* buscan mayor rendimiento y máxima seguridad para su inversión; el *Personal* persigue mejores condiciones de trabajo; la *Sociedad* exige cada vez con más fuerza, atención a temas de medio ambiente y al respeto por parte de las empresas de normas de convivencia; el *Estado* cada vez mas se concentra en la actividad fiscalizadora y recaudadora; por otro lado los *Competidores* ya no son solo de nuestro país sino del mundo entero, por lo que la competencia ya no es local solamente, es global.

¿Cómo satisfacer estas múltiples expectativas crecientes?

Analizaremos que podemos aportar desde el punto de vista de la función mantenimiento a este desafío.

Lo primero es cambiar el concepto de cómo analizar al mantenimiento y como ubicarlo en el contexto de las demás funciones empresariales.

Todas las funciones existen pues aportan algo al resultado, sino no existirían, y si estamos hablando de empresas industriales, comerciales y de servicios ese resultado es el lucro en el negocio en que ella se encuentra.

Por lo tanto el mantenimiento no puede ni debe ser la excepción y debe concebirse orientado a los negocios (Business Centred Maintenance - BCM, Anthony Kelly - Reino Unido), y orientado a los resultados (Results Oriented Maintenance - ROM, Christer Idhammar - Suecia).

Para ello debemos tener en mente el objetivo a cumplir, que es la *Competitividad.*

Para ser competitivos existen algunos factores claves que nadie discute hoy día como ser la *Calidad*, debemos brindar a nuestros clientes los productos y servicios que satisfagan sus necesidades, pero también debemos entre estas necesidades, satisfacer el precio que los clientes están dispuestos a pagar por el producto o servicio que le brindamos; así llegamos al segundo factor clave que es la *Productividad.*

Estos factores debemos cumplirlos sin descuidar las exigencias en temas de *Seguridad* y *Medio Ambiente* que hoy día son tan claves para la competitividad como los primeros, dada la toma de conciencia que ha habido en estos temas a todo nivel, estos son entonces el tercer y cuarto factor clave de la competitividad.

Pero la calidad y la productividad, el respeto a la seguridad y al medio ambiente, no son cosas que sea suficiente hacerlas durante un día o dos, ni durante un mes o dos, debemos lograrlas siempre y para ello necesitamos el aporte del quinto factor clave de la competitividad: la *Confiabilidad.*

La *Confiabilidad* es lo que me permite asegurar los cuatro primeros factores claves a lo largo del tiempo y por lo tanto asegurar la competitividad.

Obtener *Confiabilidad* solo es posible con el correcto *Mantenimiento.*

Es entonces por la incidencia que el mantenimiento tiene en los factores claves, confiabilidad, seguridad, medio ambiente, calidad y productividad, así como en otros no menos importantes como la disponibilidad, la costo-eficacia y el uso racional de la energía, que se lo ubica actualmente en los primeros planos de la dirección empresarial, en resumen esto es gracias a su *Aporte a la Competitividad.*

Realizando entonces una breve reseña histórica podemos decir que el mantenimiento ha pasado de ser el *"mal necesario"* de la producción, para convertirse en un *"factor clave"* de la competitividad.

En los últimos tiempos ha habido una evolución de conceptos respecto al mantenimiento, en la década del ´80 se hablaba de *Gestión de Mantenimiento*, en la década del ´90 se amplio el concepto a *Gestión de Activos*, hoy en el año 2000 ya se esta hablando de *Gestión de Confiabilidad.*

Como ejemplo de esto podemos mencionar a la empresa VOLVO de Suecia, la cual ya no tiene mas Gerentes de Mantenimiento, ahora son Gerentes de Confiabilidad (fuente: Jan Franlund, Presidente de EFNMS – Federación Europea de Sociedades Nacionales de Mantenimiento, Presidente de UTEK – Sociedad Sueca de Mantenimiento), o la empresa SIDERCA de Argentina que tampoco tiene Gerentes de Mantenimiento, ahora son Gerentes de Activos Físicos.

En este concepto esta implícito algo que no hemos mencionado aun y que es muy importante, ya no se habla de división Producción –Mantenimiento o Procesos– Mantenimiento, para lograr confiabilidad se requiere un

*joint-venture* entre ambos tal como si fueran dos caras de la misma moneda, esto es el uso y el cuidado de los activos deben ser una única función coordinada para obtener el resultado de confiabilidad que se espera, algo así como "Two for Tango", se precisan dos para el Tango.

En este plan coordinado que debe haber entre Procesos y Mantenimiento, tenemos hoy día muchas técnicas o *"Herramientas"* a aplicar.

El conjunto de las cuales podemos considerarlo como la *"Valija de Herramientas"* del gerente moderno, entre otras técnicas a aplicar, y no pretendiendo con la enumeración agotar todo lo posible, se destacan las siguientes:

- OIM – Optimización Integral de Mantenimiento
- TQM – Gestión Total de la Calidad
- TPM – Mantenimiento Productivo Total
- Participación, Trabajo en Equipo y Flexibilidad
- Método KAIZEN
- RCM 2 – Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (Aladon Ltd.)
- LCC – Costo del Ciclo de Vida
- DSP 3 – Diseño Sistémico de Procesos
- Gestión y Evaluación de Riesgos
- FMEA – Análisis de Modos de Falla y sus Efectos
- Diseño para la Confiabilidad y la Mantenibilidad
- Análisis de Disponibilidad y Confiabilidad
- Monitoreo de la Condición y Análisis Predictivo
- RCS – Repuestos Centrados en la Confiabilidad
- Sistemas de Gestión de Mantenimiento por Computadora
- Gestión por Indicadores
- Sistemas Expertos
- Tercerización
- Medición y Control de Tareas

El dilema de hoy es elegir que *"Herramientas"* de la *"Valija"* son adecuadas para su aplicación a nuestra Organización en función del Contexto en que nos toca desenvolvernos.

## 2. OPTIMIZACIÓN INTEGRAL DE MANTENIMIENTO – OIM

El enfoque de *Orientación a los Negocios* nos exige desarrollar un *Plan Estratégico* para llevarlo a la práctica, dicho plan estratégico debe incluir la definición de *Objetivos Estratégicos Competitivos* para toda la organización así como para cada uno de los sectores y procesos que la componen, de forma tal que la concreción de los segundos aporte al logro de los primeros.

Estos objetivos deben traducirse en *Indicadores de Gestión* que permitan medir el avance en cada uno de los objetivos, de forma de lograr una acción integral y por tanto estar en condiciones de tomar las elecciones correctas respecto a las herramientas a aplicar.

Para aplicar estos conceptos a la función mantenimiento, o mejor dicho función confiabilidad, mencionaremos una de las herramientas nombradas: *OIM – Optimización Integral de Mantenimiento.*

La OIM nos propone, en función de la orientación a los negocios y el plan estratégico antes mencionado, un enfoque con el cual desarrollar la función mantenimiento en un marco conceptual global, integral y estructurado.

Para ello debemos efectuar una implementación cubriendo las siguientes áreas: en primer lugar debemos definir las *Estrategias*, en segundo lugar los *Recursos de los Humanos*, en tercer lugar los *Recursos Materiales* y finalmente los *Sistemas y Procedimientos*.

Hemos estado hablando de mantenimiento y confiabilidad pero no hemos definido con precisión estos términos.

El *Mantenimiento* es: *Asegurar que todo activo continúe desempeñando las funciones deseadas.*

Asimismo es bueno precisar después de todo lo dicho cual es el objetivo del mantenimiento

El Mantenimiento tiene por *Objetivo: Asegurar la competitividad de la empresa por medio de:*

- *Asegurar la disponibilidad y confiabilidad planeadas de la función deseada,*
- *Cumpliendo con todos los requisitos del sistema de calidad de la empresa,*
- *Cumpliendo con todas las normas de seguridad y medio ambiente y*
- *Al máximo beneficio global.*

## 3. ORIENTACIÓN A LOS NEGOCIOS

Como mencionamos anteriormente, el enfoque de orientación a los negocios nos exige objetivos estratégicos competitivos e indicadores de gestión.

Para ello debemos tener claro como juega el mantenimiento en la economía de la organización.

Tenemos por un lado los *Costos Directos*, como ser la mano de obra, los subcontratos, los repuestos, los materiales, la capacitación y los gastos de administración.

Todos estos son los que figuran en el presupuesto de mantenimiento, sin embargo no son los únicos costos del mantenimiento.

También tenemos por otro lado los *Costos Indirectos*, estos son los que se generan por hacer mal el trabajo de mantenimiento, entre ellos encontramos los derivados de pérdidas de producción, de mala calidad de productos o servicios, de demoras en entregas, de costos de capital por tener stocks en exceso, tanto sea de repuestos como de productos en proceso, de pérdidas de energía, de problemas de seguridad y con respecto al cuidado del medio ambiente y por la necesidad de mayor inversión debido a menor vida útil de los equipos e instalaciones.

Para entender la magnitud de los diferentes costos usaremos el clásico ejemplo del Iceberg o témpano de hielo, la parte visible del Iceberg serian los costos directos, la parte sumergida serian los costos indirectos.

Al igual que en el Iceberg los costos indirectos u ocultos son de cinco a diez veces más grandes que los costos directos o visibles.

Nuestro éxito estará dado en la medida que la inversión en costos directos nos ayude a disminuir, o bien eliminar, los costos indirectos.

## 4. PRODUCCIÓN Y EFECTIVIDAD GLOBAL DE EQUIPOS

Para lograr esto debemos tener objetivos operativos claros, y no hay duda que uno de los más importantes y básicos es el de *Producir.*

La *Producción* (P) no es el resultado de un esfuerzo aislado, sino el producto de una acción combinada la cual se inicia con la *Capacidad Instalada* (C), que depende de la inversión realizada; sigue con el *Ritmo* (R), que depende de cómo se efectúe la operación de las instalaciones; continua con la *Calidad* (Q), la cual es función del sistema de gestión de calidad que la empresa haya desarrollado; para terminar con la *Disponibilidad* (D), la cual depende del mantenimiento que realicemos.

Los cuatro factores son necesarios para el desarrollo de la producción.

$$P = C \times R \times Q \times D$$

Esto nos lleva al primer gran indicador a tener en cuenta que es la *Efectividad Global de Equipos* (EGE), el mismo es a su vez el producto de tres indicadores también muy importantes, el *Ritmo*, la *Calidad* y la *Disponibilidad*.

$$EGE = R \times Q \times D \qquad (\%)$$

El *Ritmo* es la relación entre la capacidad real y el total de ésta más las pérdidas por trabajo en vacío, pequeñas paradas y ritmo reducido.

$$R = CR / (CR + PV) \qquad (\%)$$

La *Calidad* es la relación entre la producción de primera calidad y el total de ésta y los rechazos por defectos en el proceso o disminución de rendimientos.

$$Q = P1^{a}C / (P1^{a}C + RE) \qquad (\%)$$

La *Disponibilidad* es la relación entre el tiempo de operación real y el tiempo total programado a operar, que es la suma del tiempo de operación real, el tiempo de reparación y el tiempo de espera.

$$D = TO / (TO + TR + TE) \qquad (\%)$$

Las normas ISO 9000-4: 1994 e IEC 300-2, definen el término *"Seguridad de Funcionamiento"*, el cual es: *El término colectivo usado para describir el Desempeño de Disponibilidad (D) y los factores que lo influyen, el Desempeño de la Confiabilidad, de la Mantenibilidad y de la Soportabilidad.*

El *Desempeño de la Confiabilidad* se expresa mediante el *Tiempo Medio Entre Fallas* (MTBF), el *Desempeño de la Mantenibilidad* mediante el *Tiempo Medio de Reparación* (MTTR) y el *Desempeño de la Soportabilidad* mediante el *Tiempo Medio de Espera* (MWT).

Estos tiempos medios son también indicadores usados ampliamente para medir el desempeño del mantenimiento.

$$D = MTBF / (MTBF + MTTR + MWT) \qquad (\%)$$

Es importante definir los conceptos de *Confiabilidad*, *Mantenibilidad*, y *Soportabilidad*.

La *Confiabilidad* es la probabilidad de estar funcionando sin fallas durante un determinado tiempo en unas condiciones de operación dadas.

Un concepto importante de señalar al hablar de confiabilidad, dada la definición de mantenimiento indicada en párrafos anteriores, es que ningún mantenimiento es capaz de dar más confiabilidad a un equipo o instalación que su confiabilidad inherente dada por el diseño o montaje.

La *Mantenibilidad* es la probabilidad de poder ejecutar una determinada operación de mantenimiento en el tiempo de reparación prefijado y bajo las condiciones planeadas.

La *Soportabilidad* es la probabilidad de poder atender una determinada solicitud de mantenimiento en el tiempo de espera prefijado y bajo las condiciones planeadas.

## 5. PROCESO DE IMPLANTACIÓN OIM

Como ya señalamos anteriormente, este proceso se desarrolla comenzando con las estrategias, siguiendo con los talentos humanos, luego los recursos materiales para finalizar con los sistemas y procedimientos.

### 5.1 Estrategias

En función del enfoque de orientación a los negocios y a los resultados y del objetivo por la competitividad que indicáramos anteriormente, la definición de estrategias en el OIM comienza con la *estrategia global de la empresa*, previamente definida con sus *objetivos estratégicos competitivos* y sus *indicadores de gestión* tanto globales como sectoriales.

Seguimos a través de la *organización en su globalidad* con *sus niveles y metodologías de decisión*.

Con esto como referencia se comienza el *inventario de planta*, éste es el relevamiento de todos los equipos de planta, su codificación y registro de ficha técnica completo.

Luego debemos *priorizar los equipos* identificando aquellos que son críticos de los que no lo son, esto es muy importante pues las etapas que continúan son muy intensivas en el uso de recursos y éstos suelen ser escasos, por lo cual la priorización nos asegurará resultados en el corto plazo que avalen el desarrollo del proceso en el medio y largo plazo.

Aquí comienza la etapa de *análisis funcional*, en la cual contamos con una herramienta de última generación como es el RCM 2, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, del cual hablaremos más adelante.

Realizado el análisis funcional se deben *evaluar las consecuencias* en función de las cuales haremos la *determinación de las estrategias de mantenimiento* más adecuadas a nuestro contexto.

Definidas las estrategias viene la etapa de *implementación* de las mismas, esto es su puesta en práctica.

Finalmente se deben hacer las *auditorias de implementación* para asegurar el éxito de todo el proceso.

### 5.2 Recursos de los Humanos

Una vez definidas las estrategias ya sabemos lo que hay que hacer, toca el turno a con quienes hacerlo, los *Talentos Humanos*.

Decimos talentos y no recursos o capital humano pues esa es la diferencia entre las personas, las máquinas y el dinero, las personas poseemos talento y eso es lo que hace la diferencia.

Al hablar de talentos humanos, tanto podemos encontrarlos en el *personal propio* como en el *contratado a terceros*.

Al analizar el personal propio debemos partir de la *estructura organizativa global* con sus *niveles y metodologías de decisión* establecidos.

Partiendo de esto y en función de las estrategias establecidas previamente, debemos definir la *dotación y los perfiles* requeridos para llevarlas adelante, así como las *competencias y aptitudes* necesarias para cada persona y puesto.

Luego debemos establecer *procedimientos de selección de personal* así como de *capacitación continua* que permitan que nuestro personal alcance las competencias y aptitudes requeridas en los perfiles de cargo establecidas, se recomienda para el control y seguimiento de esta etapa la utilización de la llamada *Matriz de Competencias*.

También muy importante en el desarrollo del personal es el crear *sistemas de evaluación de desempeño* y complementario con esto y con el plan de capacitación, *sistemas de motivación, reconocimiento y recompensa* que estimulen el desarrollo personal y organizacional y premien los resultados.

Con respecto a los *servicios de terceros* debemos comenzar por *especificar correctamente el servicio a contratar*, o sea el *qué tercerizar*.

Luego establecer un *sistema de calificación de proveedores*, para una adecuada definición de *a quiénes contratar*.

Seguidamente debemos definir las *formas de contratación*: full service, por tarea o trabajo presupuestado, por administración a costo por unidad o costo por hora, lo que mejor se adecue a nuestra realidad.

Complementario con esto es necesario establecer los *criterios de supervisión* adecuados a la forma de contratación y tipo de trabajo que se debe efectuar, ambos en conjunto definen el *cómo tercerizar*.

Finalmente la pregunta faltante es el *cuándo tercerizar*, para ello se debe realizar un análisis detallado del contexto de la empresa que nos permita encontrar *elementos objetivos y defendibles* para la toma de ésta decisión.

Las tendencias que en los últimos tiempos se presentan en lo referente a los talentos humanos son: la demanda de cada *vez mayor flexibilidad y polifuncionalidad del personal propio*; el *aumento en la cantidad de servicios tercerizados*, siendo algunas de las principales causas: *la necesidad de mayor especialización del personal, de mejor equipamiento* para realizar la tarea, así como por *estrategia empresarial de concentrarse en las áreas claves del negocio*.

Finalmente en el aspecto organizacional hay una tendencia a las *organizaciones de tipo mixto, parte por sectores cerca del proceso y parte centralizada*.

### 5.3 Recursos Materiales

El siguiente paso en la implementación de OIM es definir los *Recursos Materiales* necesarios para cumplir las estrategias establecidas.

Debemos definir las *máquinas y herramientas* para las tareas a desarrollar, así como los *repuestos y materiales* necesarios.

Estos últimos serán clasificados por: *criticidad, reemplazabilidad, accesibilidad, tiempo de reposición, costo de reposición* y *variabilidad de la demanda*; con toda esta información podremos entonces definir los adecuados *modelos de reposición* y con ellos las *políticas de gestión de stocks* a desarrollar.

Las tendencias actuales en este campo muestran una *reducción en el número de proveedores*, la aparición de programas de *proveedores exclusivos*; *alianzas, asociaciones o parcerias* entre proveedor y cliente; y *transferencias de stock* del cliente al proveedor; todas estas líneas de trabajo buscan como objetivo optimizar los plazos de entrega, reducir los stocks y asegurar la calidad de los suministros.

También es importante señalar la aparición del E-Commerce o E-Business, esto es la modalidad de comprar

vía Internet: se cuenta ya con varios sitios en la red prestando dichos servicios vinculados al tema de mantenimiento.

Una herramienta que se destaca en esta área es el **RCS, Reliability-Centred Spares** (Repuestos Centrados en Confiabilidad), la cual es una metodología para optimizar los llamados *Repuestos Estratégicos* o de *Bajo Indice de Rotación*, los cuales no son considerados por los modelos clásicos de gestión de stocks para repuestos con normal índice de rotación.

### 5.4 Sistemas y Procedimientos

Definidas las estrategias, los talentos humanos y los recursos materiales, solo queda por definir los *Sistemas y Procedimientos* necesarios para una completa implantación OIM.

Analizaremos las *partes del sistema*, sus *etapas de implantación* y los *requisitos* que se deben cumplir para asegurar el éxito del proceso.

Entre las *Partes* tomamos como punto de partida *el inventario, registro e historial de equipo*, con su correspondiente *codificación*, realizados en la etapa de definición de estrategias.

La siguiente parte será la que contenga el *plan de mantenimiento programado*, también definido en la etapa de estrategias.

Continuamos con el correspondiente a los *procedimientos de planificación y programación de las intervenciones*.

También debemos tener el *control de gestión* donde llevaremos adelante el seguimiento de los indicadores de gestión definidos inicialmente, en particular son de importancia entre otros los de costo-eficacia.

Finalmente es necesario tener una parte para el *análisis técnico y económico de las fallas*, herramienta indispensable para la mejora continua e innovación requeridas para asegurar los resultados.

A modo de ejemplo señalamos el contenido que debe incluir la parte referente a *Inventario y Registro de Equipos*, o sea cual es la Documentación Técnica Necesaria para Mantenimiento:

- Registro completo de equipo con datos del proveedor, datos de compra y datos técnicos parametrizados del mismo.
- Registro de repuestos necesarios y referencias cruzadas equipos vs. repuestos.
- Dibujos y planos especificando materiales y tolerancias.
- Medidas e instrucciones de mantenimiento predictivo y preventivo.
- Instrucciones de mantenimiento correctivo.
- Programas lógicos de búsqueda de fallas.

Las *Etapas* del desarrollo del sistema se inician con el *análisis y diagnóstico* de los sistemas y procedimientos existentes en la organización, con esto como base se puede entonces encarar la siguiente etapa que es la *selección del software de gestión de mantenimiento* a utilizar.

Una vez seleccionado, pasamos a la etapa de *implementación* del mismo, para finalizar el proceso con la *puesta en marcha* del nuevo sistema.

Para el éxito de todo proyecto de sistema existen una serie de *Requisitos* que es importante cumplir, entre ellos se destaca: el *apoyo de la dirección* sin el cual es desaconsejable el iniciar un proyecto de esta índole, contar con una *adecuada organización*, lograr una *participación del personal* que asegure su *sensibilización* con los objetivos del proyecto y por cierto que todo esto sea llevado adelante con la adecuada *planificación*.

Es también un requisito muy importante el que nuestro sistema de gestión de mantenimiento deba *cumplir con las exigencias de los sistemas de gestión certificados* de calidad (serie ISO 9000), de medio ambiente (serie ISO 14000) y de seguridad (guía UNIT 100 y guía ISO 18000).

Entre todos los indicadores que es posible usar en un sistema de gestión, algunos se destacan por su utilización y cálculo de igual forma en todas partes del mundo, son los llamados, *Indicadores Clase Mundial*, entre ellos destacamos:

- La Efectividad Global de Equipos.
- El Ritmo, la Calidad y la Disponibilidad.
- Los Tiempos Medios Entre Fallas, Tiempos Medios de Reparación y Tiempos Medios de Espera.
- El Costo de Mantenimiento por Facturación, y el Costo de Mantenimiento por Valor de Reposición del Equipamiento.
- La Rotación de Inventario.
- Los Indices de Frecuencia y Gravedad en Seguridad.

## 6. RCM 2 - RELIABILITY - CENTRED MAINTENANCE (MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD) (Aladon Ltd.)

Como señalamos en el capítulo de estrategias, comentaremos brevemente la herramienta por excelencia para determinar estrategias de mantenimiento, el *RCM 2*.

ANCAP

***Es un procedimiento sistemático y estructurado para determinar los requerimientos de mantenimiento de los activos en su contexto de operación.***

Esta metodología fue desarrollada por John Moubray de Aladon Ltd., y no solo cumple con la norma SAE JA 1011, referida a certificación de procesos RCM, sino que es una de las tres referencias de dicha norma.

Consiste en analizar las *funciones* de los activos, ver cuales son sus posibles *fallas*, luego preguntarse por los *modos o causas* de fallas, estudiar sus *efectos* y analizar sus *consecuencias*.

A partir de la *evaluación de las consecuencias* es que se *determinan las estrategias* mas adecuadas al contexto de operación, siendo exigido que no-solo sean *técnicamente factibles*, sino *económicamente viables*.

Las *consecuencias* en el RCM 2 son clasificadas en cuatro categorías:

- Fallas ocultas
- Seguridad y medio ambiente
- Operacionales
- No operacionales

Las *estrategias* que se prevén son:

- Predictivo
- Preventivo
- Detectivo
- Correctivo
- Mejorativo.

- El *Mantenimiento Predictivo o Basado en la Condición*, consiste en inspeccionar los equipos a intervalos regulares y tomar acción para prevenir las fallas o evitar las consecuencias de las mismas según condición.
  Incluye tanto las inspecciones objetivas (con instrumentos) y subjetivas (con los sentidos), como la reparación del defecto.

- El *Mantenimiento Preventivo o Basado en el Tiempo*, consiste en reacondicionar o sustituir a intervalos regulares un equipo o sus componentes, independientemente de su estado en ese momento.

- El *Mantenimiento Detectivo o Búsqueda de Fallas*, consiste en al inspección de las funciones ocultas, a intervalos regulares, para ver si han fallado y reacondicionarlas en caso de falla.

- El *Mantenimiento Correctivo o A la Rotura*, consiste en el reacondicionamiento o sustitución de partes en un equipo una vez que han fallado, es la reparación de la falla, ocurre de urgencia o emergencia.

- Por último, el *Mantenimiento Mejorativo o Rediseños*, no es tarea de mantenimiento propiamente dicho, aunque lo hace mantenimiento, consiste en la modificación o cambio de las condiciones originales del equipo o instalación.

Para concluir presentaremos un cuadro resumen con el resultado de implementación de RCM 2 en industrias de la región (gentileza de Ellmann y Asociados, representantes de RCM 2 para América Latina y Península Ibérica).

El mismo es una muestra de mas de mil causas de falla analizadas.

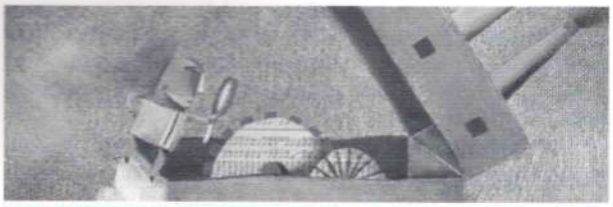
**Consecuencias:**

| | |
|---|---|
| · Falla oculta | 40 % |
| · Seguridad y medio ambiente | 5 % |
| · Operacionales | 35 % |
| · No operacionales | 20 % |

**Estrategias:**

| | |
|---|---|
| · Predictivo | 27 % |
| · Preventivo | 4 % |
| · Detectivo | 32 % |
| · Correctivo | 30 % |
| · Mejorativo | 7 % |

Se destaca entre las consecuencias la importante presencia de fallas ocultas, debido a la complejidad de los sistemas modernos, así como entre las estrategias la fuerte caída del preventivo y el equilibrio entre predictivo, detectivo y correctivo.




Ing Ind Santiago Sotuyo Blanco
**Curriculum Vitae**

· Graduado Ingeniero Industrial en la Universidad de la República, Uruguay, 1988.
· Se especializó en Gestión e Ingeniería de Mantenimiento, Suecia, 1990, 1993.
· Participa en diversos cursos en temas de mantenimiento, calidad, gestión empresarial, seguridad e higiene industrial y otros temas técnicos, en particular en temas de tecnologías avanzadas de gestión de mantenimiento RCM y TPM, Argentina y Uruguay, 1987 a 2000.
· Dicta conferencias en congresos de su especialidad en Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Croacia, Panamá, Perú y Uruguay, 1994 a 2001.
· Actualmente se desempeña como consultor de Ellmann y Asociados Uruguay en temas de mantenimiento, gestión de activos y confiabilidad, 2000 a 2001.
· En su experiencia profesional desempeñó cargos de Jefe de Mantenimiento, Gerente de Mantenimiento e Ingeniería y Gerente Industrial en diversas agroindustrias, laneras, refinerías de maíz, curtiembres y arroceras, Uruguay, 1984 a 2000.
· Docente de gestión e ingeniería de mantenimiento en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República, Uruguay, 1987 a 2001.
· Ha dictado cursos en temas de gestión e ingeniería de mantenimiento en diversas empresas de Uruguay y Paraguay, 1996 a 2000.
· Es actualmente Vicepresidente Internacional y Delegado por Uruguay en el COPIMAN, Comité Panamericano de Ingeniería de Mantenimiento, 1994 a 2001.
· Coordinador del URUMAN, Grupo Uruguayo de Mantenimiento, 1999 a 2001.
· Miembro del Consejo Directivo de la Asociación de Ingenieros del Uruguay, 1993 a 2001.
· Ex - Miembro del Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Uruguay, 1986 a 1994.
· Domina en forma excelente los idiomas español e inglés, bien el idioma portugués y aceptable los idiomas francés e italiano.
· 39 años, casado, dos hijas.

# Programa Nacional de Prospectiva Tecnológica
## Sistema Nacional de Innovación

Teniendo en cuenta el «Convenio de Cooperación entre la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y la Presidencia de la República Oriental del Uruguay» de fecha 28 de febrero de 2000 y la documentación y datos que nos proporciona el Ing. Alvaro Ramos, Coordinador Nacional del «Sistema Nacional de Innovación», se resumen algunos conceptos e información relativos al tema

### 1. LA PROSPECTIVA TECNOLÓGICA COMO HERRAMIENTA ESTRATÉGICA

Resumen de la conferencia dictada en el Seminario sobre Prospectiva Tecnológica, Trieste, 7 - 9 de diciembre de 1999, por Jesús Rodríguez Cortezo, Director General de la Fundación Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial.

En la década de los 90, la mayor parte de los países industrializados han puesto en marcha ambiciosos programas de prospectiva científica y tecnológica con el propósito explícito de que sus resultados sirvieran de apoyo a la definición de sus estrategias. La explicación de este interés debe buscarse en que no es lo mismo hablar de política científica, cuyo objetivo es aumentar el conocimiento, que hablar de política de innovación cuyo objetivo es mejorar la competitividad de las empresas.

A raíz de la 2ª guerra mundial, se ponen en marcha ambiciosas políticas científicas, basadas en la identificación de la inversión científica como fuente de potencia e independencia de los países; grandes inversiones en grandes instalaciones relacionadas con la ciencia básica. Se cree firmemente que el conocimiento acumulado a través del esfuerzo en investigación básica, repercutirá automáticamente en el desarrollo de tecnología aplicada y, en definitiva, en utilización industrial. Es el llamado *modelo lineal* de interpretación del desarrollo tecnológico.

A partir de la crisis del petróleo, la competitividad adquiere el protagonismo que le corresponde en las fases recesivas: la tecnología y el conocimiento aplicado son factores clave para la competencia que se hace cada vez más dura.

Se instrumentan ayudas económicas directas para las empresas industriales en sus actividades de investigación y desarrollo. Por unas razones o por otras hay evidentes limitaciones a la apropiabilidad por la empresa de la totalidad del producto tecnológico y se justifica que el estado financie una parte del esfuerzo realizado, reconociéndose además el elevado nivel de riesgo de fracaso en las actividades de I&D. Por otra parte todos los países lo hacen, de forma que el que renuncie a estas prácticas se encontrará en una situación desventajosa.

Ingeniería bien estructurada
Ingeniería bien estructurada
Ingeniería bien estructurada
veintepublicidad
Techint construye sus obras bajo las normas de calidad ISO 9000. Preocupados constantemente por la excelencia y el perfeccionamiento, somos los primeros en adoptar las más modernas técnicas de construcción. Por eso, Techint es la firma de las grandes obras.
Tel:. (59-82) 902-1196 / Fax (59-82) 902-0858
La Cumparsita 1373 - 6º piso / (11200)
Montevideo, Uruguay.
TECHINT

Se extiende la reflexión sobre las relaciones entre ciencia y tecnología y entre tecnología y sistema productivo apareciendo el concepto de **Sistema Nacional de Innovación** identificado como *«la red de instituciones del sector público y el sector privado cuyas actividades e interacciones contribuyen a lanzar, a importar, a modificar y a difundir nuevas tecnologías pudiendo permitir a un país dotado de recursos muy limitados progresar muy rápidamente».*

Como culminación lógica de la evolución descripta,la tendencia manifiesta en los gobiernos es poner en práctica políticas de innovación. No se abadona la promoción de la ciencia básica, pero se identifica e instrumenta un nuevo vector estratégico. La innovación tiene como marco de referencia el mercado y si bien uno de sus elementos claves es la tecnología, su éxito también depende de otros: la situación de la competencia, el ciclo de vida de los productos, la capacidad de financiación, la calidad del personal, la capacidad de localizar y utilizar información, etc..

El contexto está afectado por:

**1. globalización de la economía:** los términos de referencia de la competitividad se convierten en mundiales (desapareciendo el concepto de mercado local) y también los de la tecnología, en el sentido de que el éxito de cualquier desarrollo depende de los desarrollos que sobre la misma materia se realicen en cualquier lado del mundo;

**2. evolución de la tecnología:** vertiginoso ritmo de avance e inversiones cada vez más cuantiosas y que por el acortamiento del ciclo de vida de los productos, deben amortizarse en plazos cada vez más cortos;

**3. tensión presupuestaria en la gestión de las administraciones:** aplicar criterios estrictos a la dedicación de fondos públicos

Todo lo que sea avanzar en el conocimiento de los posibles escenarios contribuye a reducir el nivel de incertidumbre para las decisiones estratégicas y vertebrar el sistema nacional de innovación mediante la movilización de sus componentes: el objeto de la prospectiva tecnológica no es gastar más en tecnología, sino gastar mejor. *La prospectiva tecnológica se define como* ***tentativas sistemáticas*** *para observar a* ***largo plazo*** *la evolución a futuro de* ***la ciencia, la tecnología, la economía y la sociedad.***

Los ejercicios de prospectiva se realizan con metodologías muy variables y están afectados de limitaciones que parten de su misma naturaleza:

- tienen un costo elevado en recursos, presupuesto y tiempo;
- la identificación de hipótesis a evaluar es delicada y compleja;
- es necesario movilizar gran número de expertos;
- el consenso entre los expertos no es fácil;
- puede concentrarse la atención en ciertas áreas, perdiendo de vista que pueden existir otras;
- es escasa y difícil la comparabilidad de los resultados de estudios de prospectiva realizados en diferentes países.

La prospectiva tiene sentido en un contexto nacional o regional, pero siempre referida a un espacio socio-económico y cultural concreto: la prospectiva debe ser lo contrario a la abstracción.

## 2. PROGRAMA NACIONAL DE PROSPECTIVA TECNOLÓGICA
## CONVENIO: ONUDI-Presidencia de la República

Durante los últimos años ha habido un creciente interés en el mundo industrializado por las prospectivas de las tecnologías en el futuro. De acuerdo a la definición de la OCDE, una PT es:

*"... Un conjunto de intentos sistemáticos para mirar a largo plazo el futuro de la ciencia, la tecnología, la economía y la sociedad, con el fin de identificar aquellas tecnologías genéricas emergentes que probablemente generarán los mayores beneficios económicos y/o sociales."*

De este modo, el objetivo central de una Prospectiva Tecnológica es la estimación de las tendencias futuras para llevar a cabo en forma anticipada acciones para influir y alterar acontecimientos en el futuro. La PT identifica aquellas tecnologías emergentes y estima el impacto de éstas sobre el mundo de los negocios y la sociedad en general. El proceso de Prospectiva involucra tanto la especificación de las posibilidades que genera un determinado desarrollo tecnológico como la definición de las exigencias necesarias provenientes de los diferentes sectores de la sociedad. Adicionalmente, el proceso de Prospectiva Tecnológica tiene un valor *per se,* ya que representa una oportunidad de encuentro entre los sectores productivos, académicos y gubernamentales, todos unidos en la búsqueda de una visión común de futuro.

En el mes de febrero del 2001, el Presidente de la República seleccionó de un menú de siete áreas propuestas por el PPT, tres áreas temáticas para realizar las primeras investigaciones prospectivas correspondientes al período 2001/2002, en el marco del Convenio ONUDI Presidencia de la República.

Dichas áreas temáticas fueron:

- Biotecnología en el Sistema Agroalimentario
- Energía
- Transporte y Logística

### BIOTECNOLOGÍA EN EL SISTEMA AGROALIMENTARIO

*"En Uruguay las actividades agropecuarias y agroindustriales juegan un papel fundamental en el aprovisionamiento de materias primas y productos terminados, la generación de empleos y la capacidad exportadora. En dichas ramas, la biotecnología incide en forma significativa en el incremento de la productividad y la calidad de los productos en todas las etapas de las cadenas productivas. El ejercicio de Prospectiva Tecnológica deberá definir qué avances biotecnológicos pueden implicar una mayor incidencia en los diferentes niveles de las cadenas agro alimentarias, aumentando su competitividad a través de la mejora de procesos, la creación de nuevos productos, el aumento de la seguridad en el consumo humano y la reducción de los eventuales impactos ambientales adversos."*

### ENERGÍA

*"El consumo final de energía en Uruguay es limitado, tanto a nivel de los hogares como principalmente en el ámbito industrial. Dicha realidad puede visualizarse como una oportunidad para su crecimiento, sujeto a que se asegure a los distintos sectores una oferta confiable y diversificada de insumos energéticos a precios competitivos, por lo que la competitividad de la producción uruguaya podría recibir un fuerte estímulo si logra acceder a productos y servicios energéticos en condiciones de competencia internacional.*

*El ejercicio de Prospectiva Tecnológica en el sector energético deberá delinear los escenarios de futuro en materia de fuentes, renovables y no renovables, demanda por sectores, comercio exterior de energía primaria y secundaria, uso racional de la energía, mejora de prácticas operativas e introducción de tecnologías avanzadas, incidencia de los marcos regulatorios y su armonización a nivel regional, así como el impacto ambiental*

*asociado a las diversas opciones en materia de producción, distribución y consumo."*

## TRANSPORTE Y LOGÍSTICA

*"Los sectores vinculados a los servicios de transporte y logística fueron de los más dinámicos en los últimos 15 años, crecieron a un ritmo cercano al 6% acumulativo anual y cumplen un papel principal en la operativa del comercio y el comercio exterior, con lo que influyen decididamente en la formación de precios y márgenes de las cadenas productivas y en la competitividad de toda la producción exportable uruguaya. La dinámica de crecimiento del transporte también se reflejó en el transporte de personas, interno e internacional, tanto terrestre, como aéreo y fluvial.*

*Las perspectivas de desarrollo de la producción forestal, el crecimiento del comercio intra regional y el posicionamiento del país como puerto de entrada a la región, obliga a una adecuada planificación de la infraestructura de puertos, aeropuertos carreteras y vías férreas y de las inversiones en el sector de transporte y servicios conexos, para lo cual la Prospectiva Tecnológica deberá constituirse en una herramienta imprescindible para delinear los escenarios de futuro en materia de modos de transporte, demanda por sectores económicos e introducción de avances tecnológicos."*

El producto de las tres investigaciones deberá dar elementos al Gobierno a través de la Presidencia, para orientar las inversiones particulares y generales y definir cursos de acción estratégicos y políticas específicas en cada una de ellas, de manera de incidir práctica y positivamente en la competitividad comercial de los sectores industriales y agroindustriales exportadores del Uruguay.

Sobre la base de escenarios posibles, probables y pertinentes, hacia el año 2015, las tres investigaciones deben culminar en recomendaciones de:

· **política de inversiones en materia científico técnica**, en lo relativo a equipamiento e infraestructura

· **política de formación de los recursos humanos del país,**

· **políticas para adaptar, generar y transferir los cambios tecnológicos que ocurran**, a los efectos que los mismos sean utilizados por el sector privado para mejorar en forma sostenida su competitividad.

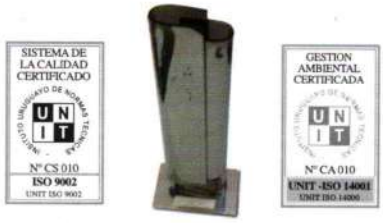
Los Ministerios sectoriales (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca, Ministerio de Industria Energía y Minería, Ministerio de Transportes y Obras Públicas - MTOP), serán los encargados de proporcionar el marco conceptual y político dentro del cual realizar cada Investigación. A través de sus direcciones u oficinas especializadas, dichos ministerios deberán definir con claridad los focos de la investigación. Es decir aquellos aspectos de la evolución científico técnica que en 15 años mas, interesará conocer y prever los impactos de las mismas en los sectores industriales y agroindustriales exportadores del Uruguay.

En cada caso el equipo central del PPT, contará del asesoramiento especializado de un "asesor técnico", que permitirá controlar ex - ante y ex - post, el diseño, los resultados y l enfoque metodológico y conceptual de cada investigación.

Una institución científico técnica con las suficientes fortalezas y capacidades desarrolladas en cada tema, será quien ejecute la investigación Prospectiva propiamente dicha, a través de la metodología de escenarios para un horizonte de quince años.


teorema

**Por comprometernos con la sociedad...**




Premio Nacional de Calidad 2000

**1996** Primera empresa de la Industria de la Construcción en obtener un certificado ISO 9000

**2000** Galardonada con el Premio Nacional de Calidad

**2001** Primera empresa de la Industria de la Construcción en obtener un certificado ISO 14000

Los hitos anteriormente mencionados demuestran la importancia que tienen para Teyma la Calidad, la Gestión y el Medio Ambiente. Esta política firme destinada a la permanente búsqueda de la mejora contínua, tiene por destino mantener el compromiso con la Sociedad, liderando un mercado día a día más exigente.

**Nuevamente gracias a quienes han confiado en nosotros todos estos años, y a quienes trabajan silenciosamente todos los días para hacer de Teyma lo que es hoy.**

TEYMA

Su Interlocutor en Recursos y Soluciones Técnicas.

# ¿Por qué visualizar?

*por Roberto Icasuriaga, Microsoft Corporation*

*Documentar una idea, proceso, o sistema visualmente ayuda a las personas a entender y clarificar información, utilizando un único lenguaje que acorta las diferencias culturales y técnicas. La documentación gráfica permite fácilmente explicar y visualizar relaciones y dependencias que de otra forma se perderían. Actualmente la tecnología de software ha permitido sin lugar a dudas a las personas a crear diagramas que representan información específica de su área de trabajo o experiencia en una forma facil de distribuir, mantener y adaptar para el uso en diferentes clientes, sean estos internos o externos.*

Quién no se ha preguntado alguna vez ante una presentación a su jefe, a su profesor, a sus empleados, o ante sus clientes: ¿Cuál es la mejor forma que me entiendan esta idea?.

Tal vez esta sea una de las preguntas más antiguas de la humanidad. Desde nuestros primeros días cómo especie, los seres humanos hemos buscado siempre la forma óptima de expresarnos. Y en realidad no siempre ha existido una única respuesta y el resultado se refleja en las opciones que poseemos para poder expresar esa idea.

Dentro de este contexto debemos reconocer que la escritura ha sido la forma por excelencia utilizada para documentar una idea, plan, proceso o sistema. Sin embargo hace 60.000 años (bastante antes de la escritura) el dibujo se comenzó a utilizar como forma universal de comunicación. La expresión visual ha ayudado a las personas a entender y clarificar información, utilizando un único lenguaje que acorta las diferencias culturales y técnicas. La documentación gráfica permite fácilmente explicar y visualizar relaciones y dependencias que de otra forma se perderían. Veamos entonces algunas razones específicas, extraídas de los escritos de Rik Temmink, por las cuales los visuales se transforman en una mejor herramienta de comunicación.

**Utilización de todo el cerebro.** Ambos hemisferios del cerebro humano se especializan en un conjunto de funciones intelectuales clave. El lado izquierdo se focaliza en palabras, lógica, secuencia y análisis. El lado derecho controla nuestra percepción de ritmo, color, dimensión e imaginación. Las formas tradicionales de comunicación de negocios apuntan al lado izquierdo solamente, mientras que las formas visuales pueden trabajar en ambos sentidos permitiendo incluso un mejor resultado final.

**Impacto recordable.** Las investigaciones realizadas nos muestran impactos de recordación de mensaje de 28% sobre otras formas de comunicación. Además, el presentar esquemas visuales de ideas resalta en un entorno donde la mayoría de las comunicaciones refieren a números y palabras.

**Barreras culturales.** En un mundo global, las comunicaciones usualmente traspasan las barreras hacia otras culturas y geografías. Los visuales son menos dependientes del lenguaje y permiten una presentación de información unificada.

Si bien la diagramación y presentación visual ha estado presente desde siempre, el software y la informática le han agregado las posibilidades de reutilización de la información (o diagrama) y de velocidad de producción, siendo esta última característica tal vez la principal que ha permitido el aumento de la utilización de herramientas de diagramación. En el caso específico del producto Visio ambas características han sido establecidas cómo prioridades en el diseño del producto.

**El lenguaje visual.** Ahora bien, uno de los desafíos más grandes sobre los que nos encontramos en este momento de presentación de ideas o proyectos a través de visuales es cómo lograr que la información que presento sea clara, pero a la vez concisa. Aquí van, entonces, algunos tips que pueden ser utilizados por el lector a la hora de realizar sus diagramas:

- **Sea consistente y conservador.** Una vez definidos los estilos de línea, color, imágenes y letra a utilizar manténgalos durante todo el diagrama. Mantener el esquema simple asegura que los elementos individuales resaltan la comunicación global
- **Haga que el texto se lea.** No subestime la importancia del texto. En un esquema mayoritariamente gráfico, el texto puesto allí es verdaderamente relevante y por lo tanto debe ser visible
- **Recuerde que los colores tienen significado.** Por ejemplo el rojo significa peligro, pérdida o parada, a menos que esté encerrado en una forma de corazón. Revise si existen significados de colores especiales para quién leerá su diagrama
- **Tome en consideración aspectos especiales relacionados con diagramas.** En Estados Unidos, por ejemplo, 8% de los hombres y 0.4% de las mujeres sufren de alguna clase de daltonismo. Esto determina que ciertos colores (rojo y verde por ejemplo) tiendan a no ser utilizados al mismo tiempo.

El lenguaje visual, que ha estado entre nosotros siempre, se ha visto potenciado por las posibilidades que la informática le ha dado. Si consideramos que aprendemos aproximadamente un 11% auditivamente y 83% visualmente, estamos ante una posibilidad de comunicación extremadamente potente. En su próxima necesidad de comunicación, intente realizarla en forma de diagrama. Pruebe el software cómo medio para ejecutar sus ideas y proyecto. Tal vez pueda ser más productivo y eficiente en los resultados de su comunicación.

## UNA MANERA SENCILLA DE APRENDER A UTILIZAR MS VISIO 2000

El CD MS Visio 2000 Technical Edition – Evaluation Kit, incluye además del producto en sí, un curso muy sencillo pero muy útil, que le permitirá conocer los conceptos básicos y vocabulario propio del programa. Con sólo dedicar una media hora a este curso, Ud. podrá comenzar usar el producto Visio 2000 con mucho mejor resultado.

Cuando se inserta el CD de Microsoft Visio 2000 Technical Edition en el lector de CD-ROM, aparece automáticamente la siguiente pantalla.

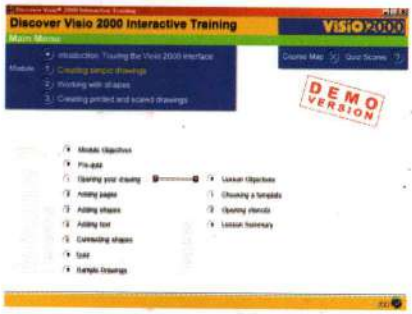
Usted podrá instalar el curso "Discover Visio 2000-training sampler", incluso antes de instalar Visio 2000 Technical Edition

Seleccione la segunda opción de la pantalla y siga las instrucciones.

Al finalizar la instalación, se habrá creado un ícono en el escritorio con el cual podrá llamar al curso interactivo de Visio 2000

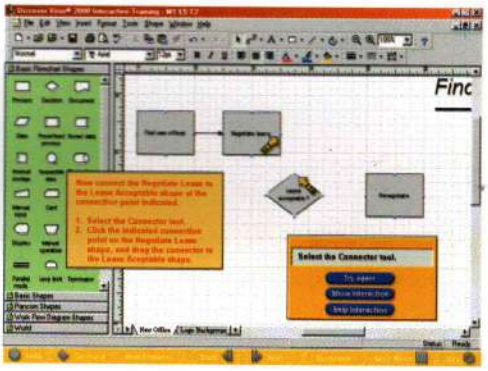
El curso incluye una Introducción y tres módulos, en los cuales se tratan conceptos básicos, instrucciones detalladas para realizar tareas, animaciones de cómo se realizan las mismas, y hasta cuestionarios para evaluar los conocimientos.

En el menú principal se muestra en detalle el contenido de cada lección, y, además, este índice permite al usuario ir directamente a las partes que desee ver o repetir, en caso de dudas.

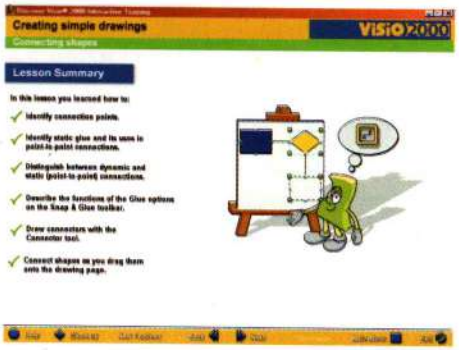



Las lecciones muestran instrucciones detalladas sobre una ventana que muestra exactamente las pantalla del producto Visio 2000. En la parte inferior se tienen varios botones que permiten navegar dentro de la lección, ya sea para retroceder o avanzar en la lección a su propio tiempo, o volver al menú principal.

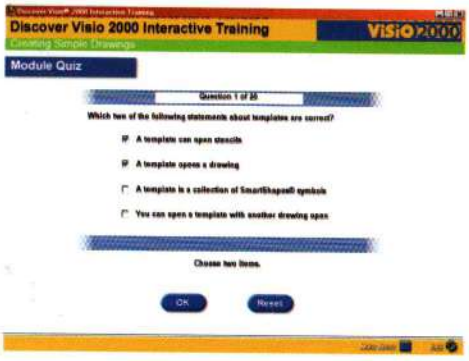
En algunos casos Ud. deberá seguir instrucciones, tal como si estuviera trabajando sobre el programa VISIO 2000. El curso irá monitoreando sus acciones y en caso que no pueda completar las instrucciones, podrá ver una animación en la que el cursor se mueve solo y se realizan las acciones como si Ud. las estuviera realizando,



Al final de cada lección se repasan los conceptos abarcados y hasta podrá tomar un test para asegurarse que ha comprendido y aprendido de acuerdo a los objetivos




Quedará ahora instalar el producto Visio 2000 y comenzar a trabajar. ¡Buena suerte!



# Acerca del Caos

*Dr. Jorge Lewowicz*

*Estas notas se refieren al caos determinista, base esencial de los trabajos científicos que apuntan a conformar una Teoría del Caos. Los resultados de esta teoría limitan considerablemente, la presunta pretensión de la ciencia de predecir. A pesar de esto, estos resultados, muy lejos de ser un freno al desarrollo científico, representan un significativo avance para la Ciencia, en todas sus ramas.*

Las conductas caóticas que nos interesan se dan en ciertos sistemas en movimiento. A continuación mencionamos, para usos ulteriores, algunos ejemplos (provenientes de las Ciencias Físico-naturales) de sistemas en movimiento, deterministas:

1) El movimiento de los planetas. Está determinado de tal modo que dada en un instante la posición y velocidad de un planeta, (y la de los restantes) queda determinado su movimiento en el futuro, y como se movía en el pasado. El planeta mencionado, puede ser real o imaginario: es decir, si imaginamos un punto material, que en el instante seleccionado tiene cierta posición y velocidad, el sistema determina sus posiciones ( y velocidades) anteriores y posteriores.
2) El movimiento de un péndulo. El sistema determina, para cualquier instante, el ángulo que el péndulo forma con la vertical, una vez que se conozca dicho ángulo y velocidad angular, en el instante inicial, es decir, en el instante en que comenzamos la observación.
3) La variación de la corriente en un circuito eléctrico. Aquí, en virtud de las leyes del Electro-Magnetismo, conociendo la corriente en el instante inicial, quedan determinados, sus valores en cualquier otro instante.
4) El movimiento de las moléculas de un gas en un recipiente. En este ejemplo se supone que las moléculas no están sometidas a fuerzas, de manera que el movimiento de cada molécula, es rectilíneo uniforme hasta que choca elásticamente con otra molécula o con las paredes del recipiente. Conociendo en un instante las posiciones y velocidades de las moléculas, queda determinado el movimiento de cada una de ellas.
5) En una población hay un numero de hembras y un numero de machos afectados por una enfermedad de transmisión sexual. Si se conoce la proporción de nuevos enfermos en relación al número de contactos sexuales enfermo-sano, y la proporción de "curados" en relación al volumen de la acción curativa desplegada, es posible determinar el número de machos y hembras enfermos en cualquier momento, si se conocen dichos números en el instante inicial.

En todos estos ejemplos el estado del sistema en un instante (aquel en el que comienza la observación), al que llamamos instante inicial, determina el estado del sistema en cada instante posterior (futuro) o anterior (pasado): las condiciones iniciales determinan el movimiento (lo determinan exactamente, no "la probabilidad de que el movimiento sea ..."). Como decíamos, estos sistemas se llaman deterministas. Un ejemplo donde esto no sucede es el siguiente: Tenemos el péndulo en una sala y abrimos las ventanas; el viento que se produce afecta el movimiento del péndulo. No conocemos las variaciones de la intensidad del viento. Esto impide determinar, por ejemplo, la posición del péndulo dentro de 5 minutos aun si conocemos la posición y velocidad en este momento (ahora).

(¿ Qué es el estado del sistema en un instante?. En el ejemplo 1) el estado del sistema en el instante t, esta dado por las posiciones y velocidades de todos los planetas; en el 2) por el ángulo del péndulo con la vertical y la velocidad angular en ese instante; en el 5) por el número de hembras y machos enfermos en ese momento.)

**ACLARACIÓN:** Los sistemas deterministas son un reflejo teórico adecuado y fructífero de experiencias básicas del genero humano con el movimiento. El hecho de que dando la condición inicial de un sistema quede determinado el movimiento, **no significa que podamos calcularlo exactamente.** En la gran mayoría de los sistemas de-

terministas esto es imposible. En intervalos de tiempo relativamente cortos, que incluyen el tiempo inicial 0, es posible calcularlos con cierta aproximación.

## ¿QUE SE ESTUDIA DE LOS SISTEMAS DETERMINISTAS?

Como sugieren los ejemplos, tales sistemas aparecen natural y frecuentemente en varias ramas de la ciencia y de la tecnología. El objeto del estudio de estos sistemas es saber que pasa con el estado del sistema para tiempos muy lejanos al instante inicial; los estados que corresponden a tiempos muy lejanos del instante inicial hacia el futuro se refieren a la evolución (evolución final) del sistema; los que corresponden a tiempos muy alejados en el pasado, al origen de los fenómenos. Por ejemplo, ¿se alejará la tierra del sol tanto como para que la influencia en la tierra de la energía proveniente del sol sea prácticamente nula? ¿Estuvo la tierra, alguna vez en esas condiciones? No hay, todavía, respuesta científica a estos problemas.

El conocimiento (aún aproximado) de la evolución final de los fenómenos es lo que llamamos **predecir**. Por ejemplo, si colocamos un péndulo real a un ángulo de 90 grados con la vertical, y lo soltamos (sin impulso), podemos predecir que su evolución final será la vertical (ángulo de 0 grados). Predecir es un objetivo central de la ciencia moderna, no solo por lo que dicho conocimiento aporta a la natural avidez por conocer la naturaleza, sino, también, por que abre las posibilidades de actuar sobre ella. En el ejemplo 5), uno no sabe a priori, por ejemplo, si el número de enfermos abarcará finalmente a toda la población sexualmente promiscua, si oscilará indefinidamente, si tenderá a un valor constante inferior al total. Muy frecuentemente las leyes que rigen la dinámica del fenómeno (la tasa de crecimiento del número de enfermos aumenta en forma directamente proporcional al número de contactos sano-enfermo y disminuye en forma también directamente proporcional al rendimiento de la acción curativa) permiten concluir que solo se dará la posibilidad mencionada en ultimo término. El número de enfermos tiende a un valor constante. Constante significa aquí: independiente del numero inicial de enfermos. (Tal como pasa en el péndulo real; éste tiende al equilibrio vertical, cualquiera que sea la posición inicial en que lo soltemos). Ese valor constante es inferior al total; mas aun, ese valor puede calcularse en términos de las constantes de proporcionalidad de las relaciones mencionadas y del número total de hembras y machos. El resultado de este cálculo indica claramente la forma más eficaz de actuar para reducir el número de enfermos en el futuro.

## APROXIMACIONES

Las condiciones iniciales y el sistema se conocen solo aproximadamente.

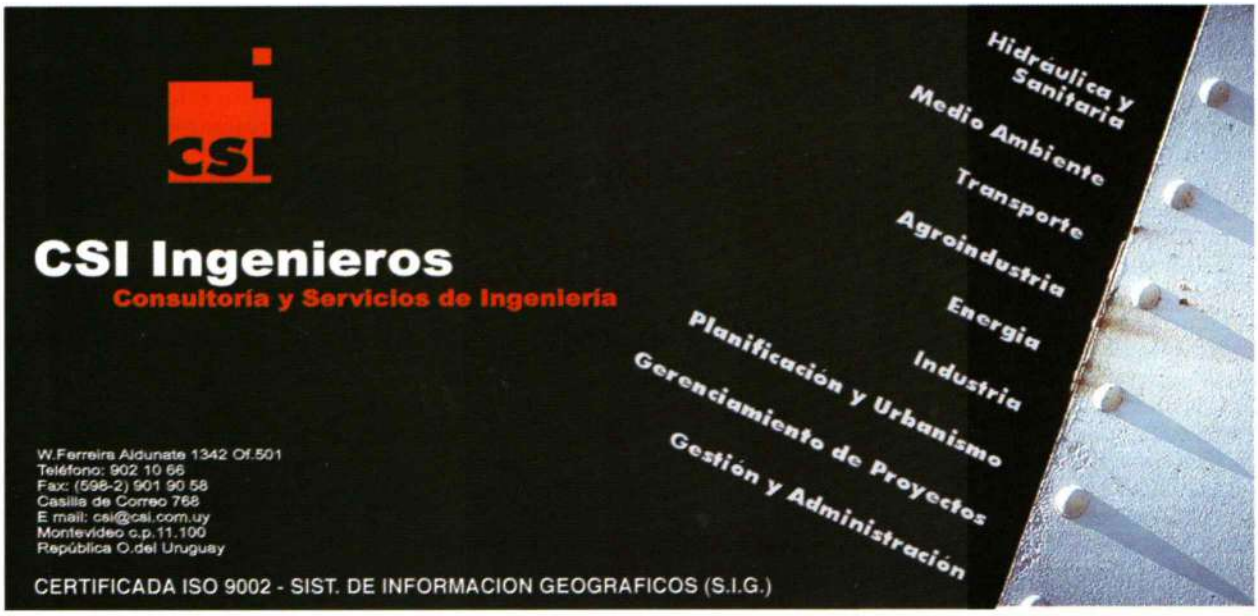
Por ejemplo, para medir el ángulo del péndulo con la vertical en la condición inicial, usamos instrumentos de medida que tienen cierta precisión. El resultado de la medición, es por ejemplo, 90 grados con un error de, a lo sumo, 3 millonésimas de grado. Es decir, conocemos el ángulo inicial, solo aproximadamente.

Análogamente, y siguiendo con el ejemplo del péndulo, los elementos que rigen el movimiento de ese sistema son la fuerza de gravedad (el peso del péndulo), el rozamiento en su articulación y la resistencia (al movimiento) del aire. Pero todas estas magnitudes son conocidas sólo a menos de un cierto error. Es decir, el sistema determinista, se conoce sólo aproximadamente.

## CONDICIONES INICIALES NORMALES

Consideremos un sistema determinista y ciertas condiciones iniciales. A esas condiciones iniciales corresponden, en ese sistema, cierta evolución final. Llamaremos normales a estas condiciones iniciales si tienen la propiedad de que a condiciones iniciales próximas a ella correspondan evoluciones finales próximas. Por ejemplo, en el péndulo, las condiciones iniciales dadas por a) ángulo con la vertical inicial 90 grados, b) velocidad angular inicial 0 (es decir, las condiciones iniciales que se obtienen al soltar el péndulo sin impulso, a 90 grados) son condiciones iniciales normales con evolución final: a) ángulo con la vertical 0, b)velocidad angular 0 (péndulo en su posición de equilibrio). En efecto, si el ángulo inicial es cercano a 90 grados y la velocidad angular cercana a 0, la evolución final correspondiente es la misma posición de equilibrio vertical.

El ejemplo que sigue permite ver claramente condiciones iniciales normales y no normales (las condiciones



iniciales no normales se describen como: sensibles a las condiciones iniciales; son aquellas en que condiciones iniciales cercanas dan lugar a evoluciones finales distantes). Una montaña tiene una cumbre, una ladera izquierda, una derecha, un valle a la izquierda, otro a la derecha. (En rigor consideramos la sección de la montaña con un plano vertical que pasa por la cumbre; la forma que se obtiene es la de una V invertida). En la ladera izquierda soltamos una bolita: su evolución final es el valle de la izquierda. Es fácil ver que lo mismo sucede con condiciones iniciales cercanas; las condiciones iniciales consideradas son normales. Lo mismo sucede en la ladera derecha.

En cambio la posición inicial cumbre, no es normal. Es fácil ver que soltando la bolita en posiciones iniciales cercanas a la cumbre, las evoluciones finales pueden ser distintas y distantes (no próximas): para algunas el valle de la izquierda, para otras el de la derecha.

Las condiciones iniciales normales son extremadamente importantes. Son aquellas en que es posible predecir, dado que el error cometido en las condiciones iniciales no afecta la evolución final.

## SISTEMAS NORMALES

**Un sistema determinista es normal cuando sistemas cercanos tienen las mismas evoluciones finales que el sistema dado. Mas precisamente, el sistema considerado (sistema 1) es normal, si para toda condición inicial (condición inicial 1) de este sistema, cualquiera sea el sistema cercano escogido (sistema 2), hay en el nuevo sistema (sistema 2) otra condición inicial (condición inicial 2), tal que en todo instante el móvil (1) del sistema 1 con condición inicial 1 este próximo al móvil (2) del sistema 2 con condición inicial 2. Si esta es la situación, la evolución final del móvil 1 será próxima a la evolución final del móvil 2. Y recíprocamente, toda evolución final del sistema cercano, acompaña (de cerca), en todo instante, alguna evolución final del sistema original. Si las condiciones iniciales y evoluciones finales son tan próximas que un experimentador no pueda distinguirlas, este vera los sistemas cercanos como el mismo sistema.**

El péndulo real (1), es normal. Si cambia algo la resistencia del aire, el rozamiento en la articulación, y el peso (péndulo 2), obteniendo de este modo un sistema cercano, las evoluciones finales serán siempre el equilibrio vertical. Mas aun, en cada instante el péndulo 1 soltado con ángulo de 30 grados con la vertical, estará próximo al péndulo 2 soltado con ángulo cercano a 30 grados.

El péndulo (ideal) es el mismo péndulo, pero ahora sin rozamiento en la articulación. Se supone además que en la sala donde transcurre el movimiento, no hay aire; es decir la resistencia del aire es nula. En estas condiciones todos los movimientos son periódicos. El movimiento que parte formando un ángulo con la vertical de 30 grados hacia la izquierda y sin velocidad angular, se desplaza hacia la derecha, hasta formar con la vertical 30 grados ( esta vez a la derecha) retornara luego a la posición inicial, para desplazarse nuevamente a la derecha... y así permanentemente. El tiempo T transcurrido entre la partida y el primer retorno a la posición de partida, se llama período de ese movimiento. La posición en un instante cualquiera t y en los instantes t+ T, t+T+T, t+T+T+T, ..., es la misma. Las posiciones que ocupa el péndulo durante todo su movimiento, son las que ocupa entre el instante inicial 0 y el instante T. La correspondiente evolución final es, consecuentemente, este mismo movimiento periódico. Lo mismo sucede para casi todas las otras posiciones iniciales.

Este sistema no es normal (sistemas cercanos tienen evoluciones finales distantes). En efecto, por poco que se aumente el rozamiento en la articulación, en el sistema cercano así obtenido, las evoluciones finales cambian fuertemente: pasan a ser la vertical. Se trata, entonces, de evoluciones distantes (en los mismos instantes en que el sistema cercano esta cerca de la vertical, el otro puede encontrarse lejos de ella, por ejemplo a 30 grados). Lo mismo sucedería si introducimos en la sala una masa de aire, por pequeña que ésta sea. Cambiando entonces, muy poquito el sistema del péndulo ideal, se observan conductas muy alejadas.

La importancia de los sistemas normales es muy clara: son aquellos en que el movimiento no depende de las diferencias en las mediciones del sistema. Si para describir un sistema un observador mide una de sus características fundamentales (en el péndulo, la resistencia del aire, por ejemplo) y obtiene un cierto valor, y otro observador, al medir la misma característica, obtiene un valor distinto, ambos verán, sin embargo, el mismo movimiento. El movimiento, no depende del observador. Los sistemas "reales" son de esta naturaleza. Alguien podría decir que son los primeros, los fundamentales, a conocer.

## PREGUNTA

Hemos considerado dos "normalidades". La ultima: un sistema es normal ("real") si sistemas cercanos tienen los mismos movimientos. La primera: dado un sistema, escogemos alguna de sus (infinitas) posibles condiciones iniciales; esta es normal (su evolución predecible) si condiciones iniciales cercanas tienen evoluciones cercanas.

Entonces, pregunta: ¿Los sistemas normales tienen condiciones iniciales normales, como sucede en el péndulo real? En otras palabras:

¿Los sistemas deterministas reales son predecibles?

## CAOS

La respuesta es no.

Durante mucho tiempo se pensó que los sistemas normales eran tales que la mayoría de sus condiciones iniciales eran normales. Y consecuentemente predecibles. Desde los años 60 se sabe que esto no es así. En esa década se mostró el carácter normal de los Sistemas Caóticos; es decir, se demostró que existían sistemas normales tales que **todas** sus condiciones iniciales son no-normales, o sea **sensibles a las condiciones iniciales**. Para tales sistemas normales ("reales"), no es predecible la evolución final de ninguna de sus condiciones iniciales. Es como si todas las condiciones iniciales fueran "cumbres", como en el ejemplo de la montaña. Peor aún, mientras que en el ejemplo de la montaña había solo 2 posi-

bles evoluciones finales, aquí las evoluciones finales posibles son infinitas.

Los sistemas caóticos son entonces, sistemas normales de conducta impredecible.

## PREDICCION Y APROXIMACION

Bueno, pero lanzando una moneda, o un dado, tampoco podemos predecir. Sin embargo, con una mejor aproximación del impulso inicial dado a la moneda, de las características de esta, del lugar donde cae, etc., será posible predecir si el resultado es cara o cruz. (No se trata aquí de la probabilidad, sino de la certeza). Lo mismo sucede con el dado.

En los Sistemas Caóticos eso no es así. Si pudiéramos medir el sistema y las condiciones iniciales con una precisión mucho mayor que la actual, igualmente la evolución final seria impredecible. En efevto, si tuviéramos hoy la capacidad de aproximación que tendremos dentro de diez mil años, la condición inicial que veríamos hoy con esa precisión enorme, tendría evoluciones finales distintas y, sobre todo, **muy distantes**, no sólo respecto de la precisión de dentro de diez mil años, sino **con relacion a la capacidad de aproximación de hoy**. Mas aun, si con la precisión de dentro de diez mil años conociéramos no solo la condición inicial sino, también, todo su pasado (origen), las evoluciones finales serían no menos distantes. Es decir, **el conocimiento del presente y pasado con precisión enorme, no permite predecir el futuro, aun con escasa precisión.**

## OTRA PREGUNTA

¿Cómo es posible mostrar que un sistema cuyas evoluciones finales desconocemos, es normal; es decir es tal que los sistemas cercanos tienen las mismas evoluciones finales? La teoría permite probar exactamente lo consignado en el párrafo anterior en negrita: para toda condición inicial (condición inicial 1) del sistema considerado (sistema 1), cualquiera sea el sistema cercano escogido (sistema 2), hay en el nuevo sistema (sistema 2) otra condición inicial (condición inicial 2), tal que en todo instante el móvil (1) del sistema 1 con condición inicial 1 este próximo al móvil (2) del sistema 2 con condición inicial 2. Si esta es la situación, la evolución final del móvil 1 será próxima a la evolución final del móvil 2. Y recíprocamente, toda evolución final del sistema cercano, acompaña (de cerca), en todo instante, alguna evolución final del sistema original.

## MOVIMIENTOS EN LOS SISTEMAS CAÓTICOS

Tan cerca como se desee de cualquier condición inicial, hay una condición inicial cuyo movimiento es periódico. Los períodos de estos movimientos periódicos varían con la condición inicial (llamada también periódica) escogida. Si tomamos una de estas condiciones iniciales periódicas, el móvil que partió de ella , vuelve exactamente a ella al cabo de un tiempo T (el período) . Y como se ha señalado mas arriba, también al cabo de los tiempos 2T, 3T, ...

Pero la mayoría de las condiciones iniciales no son periódicas: son recurrentes. Esto quiere decir que al cabo de ciertos tiempos el móvil vuelve tan cerca como se quiera de la condición inicial. Pero no exactamente, como en el caso periódico. Ahh!, pero que importa que no vuelva exactamente a la condición inicial; si vuelve tan cerca como yo quiera de la condición inicial, como tengo una precisión limitada, en algún instante, veré que vuelve a la condición inicial. ¿Cómo distingo entonces los movimientos recurrentes de los periódicos? Se distinguen porque mientras que en el caso periódico se vuelve a la condición inicial al cabo de tiempos T, 2T, 3T, ... donde cada tiempo de vuelta difiere de su consecutivo en el tiempo constante T, en los recurrentes se vuelve a la condición inicial (olvidando la diferencia entre volver exactamente y volver tan cerca como se quiera) en tiempos donde la diferencia entre uno y su consecutivo crece indefinidamente. Es decir que, en los recurrentes, se vuelve a la condición inicial, la primera vez, en tiempo T1, la segunda vez en tiempo T2, la tercera en T3, ...; las diferencias Tn – Tn-1, que en el caso periódico eran siempre iguales a T, aquí, no son iguales, sino que crecen enormemente al crecer n.

Además de los movimientos periódicos y recurrentes, los sistemas caóticos presentan movimientos que no son ni periódicos ni recurrentes.

## CARACTERISTICAS DE LOS SISTEMAS CAÓTICOS

Imaginemos una silla de montar. Si soltamos una bolita en el centro de la silla, la bolita permanece allí: es un punto de equilibrio. Supongamos ahora que trazamos un plano vertical por el centro de la silla, que la separa simétricamente en su lado izquierdo y derecho. Este plano corta a la silla en una curva (curva 1). Si soltamos la bolita en un punto de esta curva, la bolita se mueve, recorriendo esa misma curva, hacia el centro de la silla, el equilibrio. Los dos móviles con condiciones iniciales uno, el centro de la silla y el otro, un punto de la curva, se aproximan en el futuro. Pensemos ahora, que trazamos

JRC
soñar, planificar,construir.
Más allá de construir edificios,
construimos el sueño de miles de uruguayos.
Para hacer un país mejor, para lograr el bienestar de nuestra gente es que día a día proyectamos nuevas oportunidades. Por que creemos que trabajando juntos, construiremos el país que tanto anhelamos.
OBRAS DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Estamos comprometidos con el desarrollo.
Martín Fierro: Martín Fierro 2581
Tel. 480 5590 - www.campiglia.com.uy
CAMPIGLIA
CONSTRUCCIONES
Por un país mejor.

otro plano vertical por el centro de la silla pero, esta vez, perpendicular al anterior. Este plano corta a la silla en otra curva (curva 2) que pasa por el centro de la silla. Si vemos la bolita en un punto de esta curva, ella vino, cayendo, recorriendo esta nueva curva, desde cerca del centro de la silla. Es decir, la bolita en el equilibrio del centro y la bolita en el punto de la nueva curva se aproximan en el pasado; no en el futuro, puesto que la bolita en el punto de la nueva curva se caerá de la silla, alejándose del centro en el futuro. La bolita colocada en cualquier punto de la silla, que no esté sobre ninguna de las curvas mencionadas, no se acerca al centro de la silla ni en el futuro (puesto que cae), ni en el pasado, puesto que antes estuvo mas arriba que el centro.

En los sistemas caóticos, todas las condiciones iniciales tienen las propiedades del centro de la silla, salvo la del equilibrio. Dada una condición inicial, hay un conjunto de condiciones iniciales (conjunto estable) tales que los móviles que parten de la condición inicial dada y de alguna de las del conjunto estable, se acercan en el futuro, como pasaba con los puntos de la curva 1 en el ejemplo de la silla. Análogamente hay un conjunto (inestable) de condiciones iniciales con propiedades similares, respecto de la condición inicial dada, para el pasado (como los de la curva 2). Los móviles que parten de condiciones iniciales fuera del conjunto estable y del inestable, no se aproximan al móvil de la condición inicial dada, ni en el pasado ni en el futuro.

## EJEMPLOS

1) Si un punto se mueve sobre un plano, libremente, (no sometido a ninguna fuerza), entonces el movimiento es rectilíneo uniforme. (Uno puede imaginar que sobre un espejo infinito, horizontal, uno pone una bolita y le da un tinguiñazo). Si se le observa en un instante con cierta velocidad, en cierta dirección, sigue siempre con la misma velocidad y dirección y estuvo antes en las mismas condiciones, moviéndose sobre la recta determinada por la posición y dirección observadas inicialmente. Si se mueve libremente sobre una esfera (superficie cerrada), el punto se desplazara sobre los meridianos (que son las geodésicas –las curvas de mínima longitud entre dos de sus puntos- de la esfera, tal como las rectas son las geodésicas del plano). Si el punto se mueve libremente sobre una superficie cerrada que en cada uno de sus puntos tiene la forma de la silla de montar, entonces el movimiento es caótico. La mayoría de las curvas recorridas en este caso, que son también geodésicas, prácticamente llenan toda la superficie. Tienen además, sensibilidad respecto de las condiciones iniciales y recurrencia. Todas las características mencionadas mas arriba, se presentan en este simple sistema mecánico o geométrico.

2) El ejemplo 4) de las moléculas moviéndose libremente en un recipiente, es caótico para determinadas formas de las paredes del recipiente. Si uno imagina que las moléculas se mueven en un plano horizontal, la situación es la de un billar, con bandas conformadas por la intersección de ese plano horizontal con las paredes verticales del recipiente, las moléculas son las bolas, y el paño, que es el plano horizontal, es sin rozamiento con las bolas. Si el billar tiene bandas convexas, el movimiento es caótico.

3) Desde siempre, diariamente, Juan deposita en la máquina los i gramos de arena que lleva en el bolsillo izquierdo y los d gramos de arena que lleva en el bolsillo derecho. La máquina le devuelve automáticamente, para su bolsillo izquierdo, los gramos de arena que traía en su bolsillo izquierdo mas los que traía en su bolsillo derecho, i+d gramos de arena , y para su bolsillo derecho, lo que traía en el izquierdo, es decir i gramos de arena. Los i , o, d gramos que Juan lleva en los bolsillos son siempre menos de 1.000. Toda vez que i+d pasa de 1 kilogramo, la máquina asigna, al bolsillo izquierdo de Juan, i+d – 1.000 gramos en lugar de i+d . Por ejemplo, si hoy Juan lleva a la máquina i = 7 gramos y d = 3 gramos, mañana llevará i = 10 gramos y d = 7 gramos ; ayer llevó i = 3 gramos, d= 4 gramos. Pasado mañana llevará i = 17 gramos, d = 10 gramos, y anteayer llevaba i = 4 gramos, d = 999 gramos. Este sistema es caótico.

Quienes gusten de calcular, podrán divertirse verificándolo.

## ALGUNOS PUNTOS AL FINAL

Los sistemas caóticos son sistemas deterministas normales e impredecibles.

Hay sistemas normales predecibles; por ejemplo, el péndulo "real".

Hay sistemas normales con muchas condiciones iniciales normales y muchas sensibles a las condiciones iniciales (no normales). (Las evoluciones finales de estas últimas transcurren frecuentemente en espacios, llamados fractales, cuyas propiedades geométricas se han difundido ampliamente. La geometría de los fractales, es, desde el punto de vista de la dinámica, del estudio del movimiento, un tema subsidiario.

## COMENTARIO

"Si decís que todo eso puede preverse por medio de la lista: el caos, el trastorno y la maldición, que la mera posibilidad de un cálculo previo puede contenerlo todo, y que la razón concluirá por prevalecer, entonces el hombre se volverá loco expresamente para no tener razón y obrar con arreglo a su capricho." Fiodor Dostoyevski, en Memorias del Subsuelo, Ediciones Jucar, 1974; página 46.

## SUGERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


I) J.P. Eckman y M. Mashaal. La física del desorden. Mundo Científico 1991, página 722.

II) R. Markarián y R.Gambini, editores. Certidumbres, Incertidumbres, Caos. Ediciones Trilce, 1997

III) D. Ruelle. Hasard et Caos. Paris, editions Odile Jacob, 1991

# Programa de Desarrollo Tecnológico (PDT)



El lunes 30 de julio de 2001, a las 17 horas, tuvo lugar en el Salón de Actos del Edificio Libertad el acto de lanzamiento del Programa de Desarrollo Tecnológico, PDT. En el mismo hicieron uso de la palabra el Presidente Dr. Jorge Batlle y el Presidente del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Cr. Enrique Iglesias.

El Programa de Desarrollo Tecnológico (PDT), es un programa financiado por el BID, destinado a fortalecer la capacidad del país en el área de Ciencia y Tecnología, a través del financiamiento de proyectos innovadores a nivel de empresas, asociaciones de empresas, centros de investigación y desarrollo públicos y privados, así como el financiamiento de acciones destinadas a fortalecer el Sistema Nacional de Innovación, SNI.

El monto total del Programa asciende a U$S 50 millones, compuestos por:

| | |
|---|---|
| U$S 30 | millones provenientes de endeudamiento con el BID; |
| U$S 20 | millones de contrapartida local (10 del presupuesto nacional y 10 provenientes de contraparte de las empresas beneficiarias del programa). |

Luego del proceso de negociación del contrato de préstamo y de incluir en el Presupuesto Nacional los rubros para la contrapartida local, se procedió a la firma del contrato con el Banco, el día 18 de marzo del 2001.

El objetivo general del Programa de Desarrollo Tecnológico es contribuir a movilizar la capacidad de innovación del país para fortalecer la competividad productiva de las pequeñas y medianas empresas (PYMES) productoras de bienes y servicios, y mejorar las condiciones de desarrollo científico y tecnológico. El aumento de la capacidad de innovación será alcanzado a través de la generación, uso y adaptación de nuevas tecnologías en procesos de producción, gestión, distribución, y de actividades en Ciencia y Tecnología.

Con los recursos del Programa se financiarán: (i) proyectos de desarrollo tecnológico, servicios e inversiones en capacitación, información y gerenciamiento de recursos tecnológicos para facilitar la generación y aplicación de tecnología en los procesos productivos de bienes y servicios que se desarrollan en el Uruguay, tanto a nivel de grupos sectoriales como de empresas individuales; (ii) el fortalecimiento de la capacidad del país para realizar investigaciones de alta complejidad, en un espectro de disciplinas y especialidades científicas y tecnológicas prioritarias; y (iii) el fortalecimiento del Sistema Nacional de Innovación , coordinando las actividades de Ciencia y Tecnología con un tratamiento sistemático de la innovación, promoviendo sus vinculaciones regionales e internacionales y divulgando los avances científicos y tecnológicos a toda la comunidad.

El Programa está conformado por tres subprogramas: (a) apoyo a la innovación y mejora de la competitividad de las empresas (U$S 25,7 millones), el cual buscará contribuir a aumentar la eficiencia de las empresas uruguayas, a través de la innovación en procesos de producción, gerenciamiento y distribución; (b) desarrollo y aplicación de ciencia y tecnología (U$S 12,2 millones) orientado a fortalecer la capacidad de investigación y la generación de conocimientos útiles a la sociedad; y (c) fortalecimiento institucional (U$S 4 millones), que buscará integrar las actividades de las distintas temáticas a través de tres componentes: (i) fortalecimiento institucional del Sistema Nacional de Innovación; (ii) apoyo a actividades regionales e internacionales; (iii) información y divulgación.

El programa se desarrollará en el ámbito del Ministerio de Educación y Cultura. Desde el punto de vista administrativo, la unidad ejecutora del mismo será la Dirección Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (DINACYT), creada en la Ley de Presupuesto.

Simultáneamente, para garantizar su eficiente ejecución, el MEC creará una Unidad de Coordinación del Programa (UCP), dependiente directamente del Ministro de Educación y Cultura, que tendrá la responsabilidad en todo lo concerniente a la coordinación y administración del PDT.

La UCP será el vínculo entre el MEC y el BID, y actuará en estrecha colaboración con la DINACYT

## ASIGNACION DE RECURSOS

Para realizar la asignación de recursos, se convocará públicamente a la presentación de proyectos. Los proyectos serán evaluados de acuerdo a procedimientos que garanticen la transparencia del proceso (actualmente en elaboración) coordinados por la UCP.

Una vez concluido este proceso de evaluación, la UCP presentará los resultados de la misma al Comité de Selección del subprograma respectivo, quien tendrá la responsabilidad final de seleccionar o rechazar la concesión del financiamiento.

Finalmente, el Ministro de Educación y Cultura (o aquel en quien este delegue), dará curso administrativo a la resolución de los comités.

## LOS COMITES DE SELECCION

Los Comités de Selección serán integrados por personalidades reconocidas de distintos ámbitos, designadas por el Ministro de Educación y Cultura y ratificadas por el CONICYT. La secretaría técnica de los comités estará a cargo del Coordinador General del Programa, quien tendrá voz pero no voto en los mismos.

- **Comité de Selección de Proyectos de Empresas (CSPE)** tendrá siete integrantes: dos representantes de las gremiales empresariales; un representante de la Universidad de la República y cuatro representantes del Poder Ejecutivo, pertenecientes a los Ministerios de Educación y Cultura; Economía y Finanzas; Industria, Energía y Minería y Ganadería, Agricultura y Pesca.

- **Comité de Selección de Proyectos de Ciencia y Tecnología (CSCYT)** se integra con dos representantes de la Universidad de la República; un representante de las Universidades Privadas; tres delegados del Poder Ejecutivo (ministerios de Educación y Cultura; Industria , Energía y Minería; Ganadería, Agricultura y Pesca) y un representante de las Gremiales Empresariales.

- **Comité de Selección de Proyectos de Fortalecimiento Institucional (CSPE)** contará con cinco integrantes, a saber: uno por el Comité de Empresas, uno por el Comité de Ciencia y Tecnología; dos por el CONICYT y el director de Ciencia, Tecnología e Innovación.

## CONVOCATORIA A LA PRESENTACION DE PROYECTOS DE EMPRESA SUBPROGRAMA 1

Publicamos a continuación la convocatoria a la presentación de proyectos de empresa, realizada por el Ministerio de Educación y Cultura a través de la Unidad Coordinadora del Programa de Desarrollo Tecnológico, en el marco del Subprograma I, "Apoyo a la Innovación y Competitividad de las Empresas", para los siguientes componentes :

**a) Apoyo Directo a Empresas Individuales**, que apoyará proyectos de Innovación en productos e Innovación de procesos

**b) Apoyo a Proyectos Asociativos de Empresa**, que apoyará la ejecución de Proyectos en temas tecnológicos presentados conjuntamente por tres o más empresas con el objetivo de mejorar la competitividad de un grupo de empresas, cadena y/o sector productivo.

**c) Consejerías Tecnológicas**, a través de las que se apoyará la contratación de consejeros tecnológicos por parte de dos o más empresas, los cuales actuarán como articuladores entre la oferta y la demanda de servicios tecnológicos.

**Características del Apoyo:** El apoyo consiste en un subsidio, por hasta el 50% del valor del proyecto, con los siguientes montos máximos:

## SUBSIDIO MÁXIMO

| | |
|---|---|
| **a) Apoyo a proyectos de innovación de empresas individuales** | **U$S 250.000** |
| **b) Apoyo a proyectos asociativos en temas tecnológicos** | **U$S 800.000** |
| **c) Consejerías tecnológicas** | **U$S 20.000** |

**Beneficiarios:** Podrán solicitar financiamiento para estas actividades, todas las empresas radicadas en el territorio nacional, especialmente PYMES .

**Rubros Financiables en el marco de Proyectos:** Se financiarán los siguientes rubros: contratación de consultorías y de servicios de capacitación o entrenamiento de personal de la empresa, cursos breves en el exterior (menores a 2 meses), personal técnico para la ejecución del proyecto, materiales e insumos, equipamiento liviano, equipos de pruebas, ensayos o de laboratorio, instalaciones y/o medidas de protección ambiental y laboral, material bibliográfico, software, servicios técnicos y de mantenimiento asociados al proyecto, costos de protección de propiedad intelectual, costos de licencias y adecuación edilicia específica para instalación de equipos, una partida para gastos imprevistos de hasta un 5 % del costo financiable del proyecto.

En el caso particular de las Consejerías Tecnológicas sólo se financiarán los honorarios del consejero o grupo de consejeros.

**Rubros no Financiables**. No se financiarán: obras que sobrepasen el 25 % del costo total del proyecto o superen un monto de U$S 25.000, bienes de capital para producción, vehículos, terrenos, personal permanente, arrendamiento de locales, servicios y materiales no asociados al proyecto. Tampoco se financiarán impuestos directos nacionales ni el impuesto al valor agregado.

**Selección**: Una vez presentada la propuesta, la misma será sometida a un proceso de evaluación que analizará los aspectos técnicos y económico-financieros de la misma. La evaluación técnica será realizada por un experto en la temática del proyecto contratado por la Unidad de Coordinación del Programa. La evaluación de carácter económico-financiera será realizada por la UCP o por expertos contratados a tal efecto. Los informes de evaluación serán sometidos a consideración del Comité de Selección de Proyectos de Empresas, (CSPE) el cual es el responsable por la selección final de los proyectos a ser financiados por el Programa, en el marco del Subprograma 1.

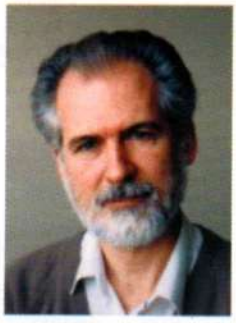
**Convocatoria:** Las propuestas se presentarán en régimen de "ventanilla abierta", es decir que el proceso de evaluación y selección de cada una de ellas, comenzará inmediatamente de presentada la misma. El plazo de presentación, comenzando el 30 de Julio de 2001 y se extiende hasta el 29 de octubre de 2001 a la hora 18.

***Por consultas o mayor información, visite el sitio www.pdt.gub.uy o envíe mail a pdt@pdt.gub.uy***

# Ingeniería Biomédica e Informática Médica una nueva especialización en la Facultad de Ingeniería

*Ing. Franco Simini, Dr. Fernando Nieto, Ing. Rafael Canetti, Ing. Pedro Tonarelli, Ing. Raúl Ruggia (h) e Ing. Gregory Randall*

La medicina ha incorporado una multitud de tecnologías a su acervo de métodos y herramientas del diagnóstico y tratamiento. En esta evolución tecnológica la ingeniería ha asumido una parte activa de la tarea de mejorar la calidad de vida de la gente: la diversidad e importancia de los desafíos planteados hacen de las aplicaciones médicas de la ingeniería una especialidad de reciente desarrollo en nuestro país, en una coyuntura muy favorable a su expansión regional.



Ing. Franco Simini

El Uruguay gasta alrededor del 10% de su Producto Bruto Interno (PBI) en Salud y de esta suma el 15% puede ser atribuido al equipamiento e instalaciones directamente vinculadas a la ingeniería biomédica y a la informática médica. Traducido en cifras absolutas, Uruguay compra equipos y servicios por U$S 200 millones por año en esta área y es por lo tanto natural que la Facultad de Ingeniería prepare sus técnicos en el diseño, producción, ensayo y mantenimiento de equipos biomédicos y de aplicaciones informáticas especializadas.

## INGENIERÍA BIOMÉDICA

Se entiende por Ingeniería Biomédica (IB) el conjunto de habilidades que permiten estudiar fenómenos biológicos y médicos desde una perspectiva ingenieril para proyectar y realizar métodos y equipos de diagnóstico, de terapia y como sustitución de funciones del cuerpo humano. El mantenimiento y el proyecto de instalaciones en ambiente de hospitales (bajo el nombre de Ingeniería Clínica) es también parte de la IB. La capacidad de analizar, producir y conectar aplicaciones informáticas para uso de las ciencias de la salud se conoce como Informática Médica y más recientemente Telemática Médica. Si bien la IB está a menudo asociada a la Ingeniería Eléctrica por razones históricas, comprende aspectos de Ingeniería Mecánica y de Ingeniería Química, que le permiten encarar desde proyectos de partes móviles o estudios de flujos hasta el diseño de sensores bioquímicos. Actualmente la telemedicina y el procesamiento de imágenes médicas asumen un desarrollo relevante dentro de las actividades de IB.

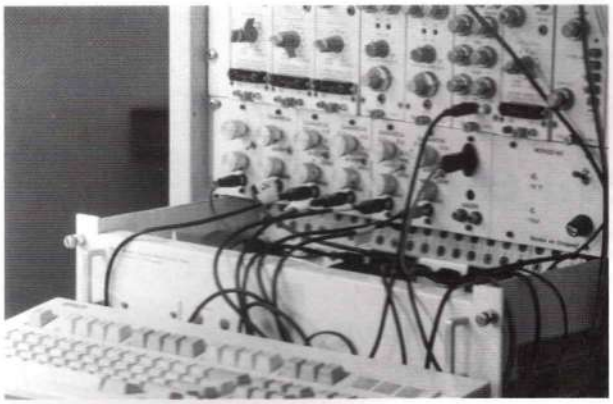
## ALGUNOS ANTECEDENTES FUERA DE LA FACULTAD

En la década de1970 fueron desarrollados equipos de uso médico en Uruguay, notoriamente en ámbitos de investigación como el Centro Latinoamericano de Perinatología y Desarrollo Humano (CLAP) dirigido por el Dr. Roberto Caldeyro Barcia cuyo interés científico por herramientas de detección del estado de salud del feto llevaron al proyecto y realización de monitores fetales, entre los primeros en el mundo. Los equipos de detección radioactiva con aplicaciones en Medicina Nuclear fueron puestos a punto por la entonces empresa GMS (Gherzi, Macé, Sallés) hoy conocida como Controles S.A.. Ya en la década de 1980 Interfase Ltda. producía "calentadores de sangre" de diseño propio y elevada confiabilidad para llevar la sangre refrigerada a la temperatura del receptor en el quirófano. Esta empresa desarrolló equipos de potenciales evocados y otros métodos específicos para Neurología disputando posiciones en los consultorios de mutualistas y particulares así como en licitaciones del Estado. La empresa Electrónica Médica (Dr. Horacio Venturino) produjo su propia línea de monitores para CTI durante 10 años para el mercado uru-

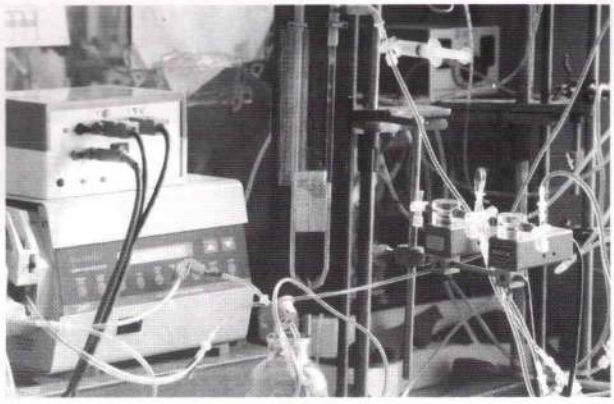
SEINCO

ituzaingó 1256 / 916.15.65 * / fax 916.39.62 / seinco@adinet.com.uy / cp 11000 / montevideo / uruguay

alcantarillado, tratamiento de efluentes cloacales y desagües pluviales
plantas potabilizadoras y redes de distribución de agua potable
instalaciones hidráulicas y sanitarias para edificios
tratamiento y reciclaje de efluentes industriales
suministro de agua para uso industrial, riego y drenaje
vialidad y transporte
proyecto y gestión de emprendimientos urbanísticos



MONSE Monitor de señales de pacientes en centro de tratamiento intensivo (CTI) Se registran y presentan señales de presión intracavitaria (dentro de los vasos sanguíneos del paciente) mediante interconexión de amplificadores para uso médico con un computador personal.



FARCAR Dispositivo experimental para el estudio de la viabilidad miocárdica. El sistema de tiempo real proyectado adquiere señales eléctricas del corazón aislado de rata, mantiene la presión de perfusión entre límites prefijados comandando una bomba peristáltica, presenta en pantalla las señales e interactúa con el usuario para grabar señales en disco o cambiar los parámetros del experimento.

guayo. Varias soluciones para Fisiatría fueron producidas y comercializadas en la década de 1980 en Uruguay por empresas como MACRI Ltda. y otras. En el ámbito de la informática médica, el mismo CLAP que fuera pionero en la producción de equipos electrónicos médicos, lanza en 1985 el Sistema Informático Perinatal como un nuevo producto integrado de registro clínico y análisis estadístico en la propia maternidad, con amplia difusión en todo el Continente. El Area de la Salud del Banco de Previsión Social ha mantenido desde la década de 1980 una posición innovadora en el uso de herramientas informáticas aplicadas a la clínica, seguido recientemente por el CASMU, SEMM, la Sociedad Española y otras instituciones del medio.

## LA INGENIERÍA BIOMÉDICA EN LA FACULTAD

La cooperación para la investigación entre la Facultad de Medicina y la Facultad de Ingeniería en la década de 1970 puede ser considerada el antecedente más remoto de aplicaciones biomédicas de la ingeniería en Uruguay. Docentes y estudiantes (Félix Azar, Ruben Budelli, Pablo Handler y otros) se trasladan la Facultad de Medicina aportando métodos y proyectos de equipamiento original. En el primer encuentro Nacional de Ingeniería de 1984 se describen los cometidos y especificidades de la Ingeniería Biomédica y su potencial en Uruguay. A partir de ese año los estudiantes de ingeniería eléctrica optan en forma creciente por un proyecto de fin de carrera en IB. Pronto se materializa el Núcleo de Ingeniería Biomédica (NIB) como un esfuerzo conjunto de las Facultades de Medicina e Ingeniería para la docencia, investigación y extensión.

## EL SEMINARIO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA

Desde 1992 el NIB organiza un Seminario semestral en el cual se presentan las aplicaciones exitosas de IB, ya sea nacionales (académicas o industriales) ya sea con invitados extranjeros. Los detalles de los últimos seminarios se encuentran en www.nib.fmed.edu.uy.

## EL CURSO DE INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA BIOMÉDICA

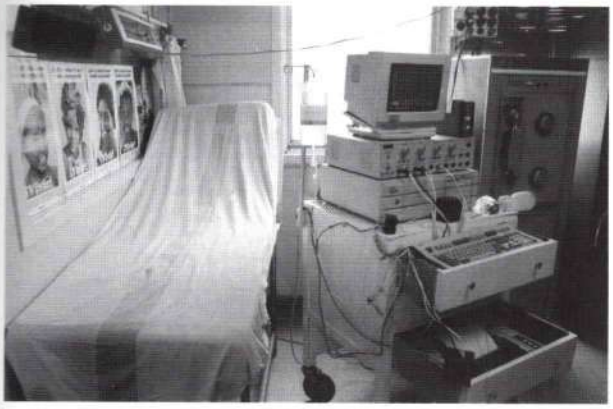
Desde 1997 la enseñanza de la IB se ha formalizado al desplazar la docencia realizada en ocasión del proyecto de un equipo biomédico hacia una materia curricular en el ámbito del Instituto de Ingeniería eléctrica. En 2000 se inscriben 18 estudiantes a esta materia. El programa de la materia también está disponible en www.nib.fmed.edu.uy.

## EL GRUPO DE TRATAMIENTO DE IMÁGENES

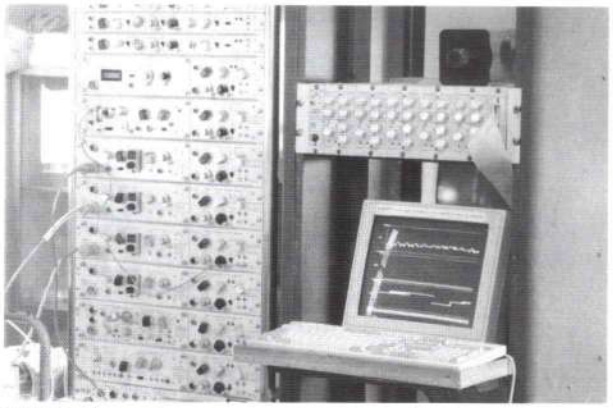
Desde 1994 fue formado el Grupo de Tratamiento de Imágenes (GTI) docentes y estudiantes del Instituto de Ingeniería Eléctrica (IIE) que realizan investigación, extensión y enseñanza en el área del tratamiento de imágenes. Una de las líneas de trabajo del GTI ha sido la colaboración con biólogos y médicos para resolver problemas de interés en el país. Cabe señalar especialmente la construcción de un programa de reconstrucción y visualización tridimensional de tejido a partir de cortes seriados de piezas de anatomía neurológica desarrollado en colaboración con el Instituto de Investigaciones Biológica Clemente Estable (IIBCE). También fue construido el programa "Imagina" en uso en varios laboratorios de Facultades de la Universidad de la República. El GTI realiza seminarios cruzados entre ingenieros, médicos y biólogos. Estos trabajos han resultado en numerosas publicaciones científicas, varios proyectos de fin de carrera, varias maestrías y una colaboración creciente con grupos de biólogos y médicos en el país. Para mayor información se puede consultar www.iie.edu.uy/i+d/grupos/gti.

## EL INSTITUTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

En el Instituto de Ingeniería Eléctrica fueron desarrollados proyectos en cooperación con la Facultad de Medicina, en el área de la cardiología. Un novedoso proyecto de control de péndulo invertido fue resuelto tomando como modelo una red neuronal, en un ejemplo de cooperación de ida y vuelta entre la ingeniería y la fisiología. El modelado del músculo macetero, de interés para la investigación en odontología fue abordado con resultados de gran interés a raíz de una línea de trabajo iniciado en México. La cooperación con la empresa Centro de Construcción de Cardioestimuladores (CCC del Uruguay S.A.) se ha materializado sobre la base de un Convenio para el proyecto y producción de circuitos integrados ASIC destinados a perfeccionar su línea de marcapasos. El aporte del IIE a la ingeniería biomédica incluye el estudio de la técnica de las "onditas" (wavelets) como mecanismo de análisis de señales fuera del dominio temporal: su aplicación al estudio automático de registros de electrocardiogramas (ECG) de larga duración, conocidos como registros Holter, fue reconocido internacionalmente.



MECVENT Equipo para la determinación automática de los parámetros de la mecánica ventilatoria de recién nacidos mediante la adquisición de señales de flujo de aire y presión en la boca y esófago del paciente. Se toma la presión en el esófago, que es relativamente accesible, como aproximación de la presión en las cavidades pulmonares inaccesibles en forma no invasiva.



FISIOP Adaptación y presentación de señales de diversa índole en un entorno de investigación de múltiples magnitudes fisiológicas.

## LOS PROYECTOS DE FIN DE CARRERA EN INGENIERÍA BIOMÉDICA

Son 30 los prototipos realizados en el marco del NIB y fuera de él por estudiantes de ingeniería en su asignatura de fin de carrera desde 1985. En setiembre de 2001 el NIB tiene en marcha 6 proyectos en manos de 18 estudiantes. Sus características principales se encuentran en www.nib.fmed.edu.uy.

## LA OPCIÓN INGENIERÍA BIOMÉDICA EN FACULTAD

Las orientaciones de Ingeniería Eléctrica en el Instituto de Ingeniería Eléctrica son tradicionalmente tres, a las cuales se está agregando la Ingeniería Biomédica:

- Potencia
- Telecomunicaciones
- Control y Electrónica industrial
- Ingeniería Biomédica

En 2001 el Curso de IB y el seminario de IB integran la nómina de asignaturas que la Facultad ofrece con cursos de actualización y como opciones para el postgrado. En 2002 se llamará a concurso para la primera maestría en IB para docentes en formación (ayudantes de clase y asistentes). Mediante la maestría, que comprende materias avanzadas en las Facultades de Medicina, Ciencias e Ingeniería además de un trabajo de investigación personal, se completa la experiencia docente y profesional logradas mediante el ejercicio de la enseñanza y la obtención del título de grado.

## LA SOCIEDAD URUGUAYA DE INFORMÁTICA EN SALUD

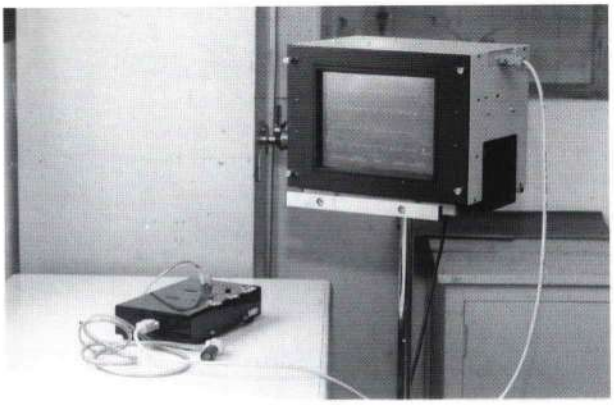
En el área informática los profesionales de bibliotecología y de ingeniería en sistemas de computación se unieron con los profesionales de la salud (médicos, enfermeros y odontólogos) para impulsar el desarrollo, la normativa y la difusión de aplicaciones. La Sociedad Uruguaya de Informática en Salud (SUIS) publica un boletín regularmente y mantiene una página web en www.suis.org.uy, además de organizar eventos científicos sobre temas candentes de la especialidad como "la historia clínica electrónica en el Uruguay" o bien "la relación médico paciente y telemática". En 2001 los temas debatidos fueron los de la "privacidad" de la información clínica en la red telemática y la adopción de normas para favorecer el desarrollo de la industria de informática médica uruguaya.

## LOS PROYECTOS DE INFORMÁTICA MÉDICA DEL INCO

El INstituto de COmputación (INCO) de la Facultad de Ingeniería ofrece a sus estudiantes la posibilidad de desarrollar sus proyectos de fin de carrera, usualmente denominados "Taller V", mediante el estudio, proyecto y realización de sistemas de uso médico, ya sea en el área de bases de datos, modelos informáticos o sistemas de transacciones y de tiempo real. Se estableció en 2000 la necesidad de designación de un docente de la Facultad de Medicina como director de proyecto asociado para que le

Disco
NATURAL
Punta Carretas Shopping
8 de Octubre y Garibaldi
Agraciada y Asencio

CONSORCIO TRACOVIAX S.C.
CONSTRUCCIONES DE CARRETERAS,
PUENTES, OBRAS PORTUARIAS,
MOVIMIENTOS DE TIERRA, ETC.
Cerro Largo 1014 - Tel.: 908 4489 - 908 4469
Fax: 908 4003 - Montevideo



MONRES Monitor sensible al tacto para la presentación de señales respiratorias de un paciente en terapia intensiva. Se estima el trabajo respiratorio, además de desplegar señales de flujo y presiones respiratorias.

confiera al producto final características de oportunidad y aceptabilidad clínica o epidemiológica. En 2001 una aplicación novedosa fue el desarrollo de tarjetas inteligentes para el registro de datos clínicos.

## PRODUCTOS DE INFORMÁTICA MÉDICA

Es tarea pendiente relevar el inventario de los productos informáticos para uso médico realizados en Uruguay, pero puede estimarse su volumen en un tercio de lo gastado en equipos y sistemas por año (U$S 200 millones), lo que representaría para 2001 unos U$S 70 millones. Esta estimación puede resultar conservadora ya que es sabido que los equipos biomédicos de uso directo sobre los pacientes incluyen proporciones importantes y crecientes de programación.

## LA INGENIERÍA CLÍNICA

La «Ingeniería Clínica» es aquella parte de la IB que se ocupa de la selección del equipo, el mantenimiento y la instalación en centros hospitalarios. Muy limitada hasta 1980, la Ingeniería Clínica en Uruguay tiene profesionales en los mayores centros públicos y privados del país además de emplear a decenas de profesionales ingenieros y de nivel técnico en las empresas importadoras, representantes y proveedoras de mantenimiento de equipo biomédico.

La falta de inversión en mantenimiento de equipos médicos genera en los hospitales y las mutualistas de nuestro país un porcentaje preocupante de equipos sin uso ya sea por falta de repuestos, de insumos, de mantenimiento preventivo y por no utilizar técnicos capacitados. Otro componente de subutilización de capital invertido es la falta de selección planificada de equipos médicos que va desde equipos no utilizados o no necesarios hasta algunos que nunca fueron instalados. Un peligro particular lo constituyen las donaciones que, por ser aceptadas sin un estudio técnico adecuado, pueden llegar a generar situaciones caóticas ya sea por el costo de instalación, la imposibilidad de tener repuestos, la ausencia de manuales técnicos, la discontinuidad de su fabricación e incluso por no necesitarse, con lo que se termina ocupando metros cuadrados de depósito y desperdiciando los esfuerzos de organizaciones que gestionan la donación sin un conocimiento claro de su utilidad.

Entre las responsabilidades del ingeniero clínico está la de demostrar con hechos a los administradores de salud que su participación implica una baja de costos y una mejora de la prestación de los servicios de salud en calidad y seguridad. Como ejemplo, durante los cinco años de funcionamiento(1995 a 2000) del Departamento de Ingeniería Clínica (DIC) del Centro Hospitalario Pereira Rossell (CHPR), como consecuencia de la realización de mantenimientos propios y la selección adecuada de repuestos e insumos se generó un ahorro superior a los cien mil dólares anuales. También es necesario que el ingeniero colabore en formar técnicos biomédicos promoviendo sistemas de educación continua.

## CONCLUSIÓN

La Ingeniería Biomédica y la Informática Médica se perfilan en este inicio de la década de 2000 como una especialidad en desarrollo pujante por parte de la Facultad de Ingeniería que responde a una necesidad expresada por la sociedad. La capacidad de la IB e IM de generar oportunidades de desarrollo económico en Uruguay depende ahora de la aplicación de los profesionales formados y en formación, junto con la disponibilidad de financiaciones y apoyos logísticos para la difusión en el MERCOSUR y la Región.

## BIBLIOGRAFÍA


- Sociedad Uruguaya de Informática en Salud www.suis.org.uy
- American College of Clinical Engineering http://accenet.org accedido en setiembre 2001
- Simini F. «Incorporación de tecnologías Médicas», Revista Ingeniería, Número 28, páginas 30-37, 1997.
- Grompone J. «De las Telecomunicaciones a la Ingeniería de Software», Revista Ingeniería, Número 28, páginas 4-7, 1997.
- Ruggia R (h) «Los proyectos del Instituto de Computación (INCO) en Salud 2000-2001» INFOSUIS, Número 8, agosto 2000. (accesible en www.suis.org.uy).
- Núcleo de Ingeniería Biomédica de las Facultades de Medicina e Ingeniería www.nib.fmed.edu.uy
- Instituto de Computación de la Facultad de Ingeniería www.inco.fing
- Instituto de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería www.iie.edu.uy



**Franco Simini** es Profesor agregado de Ingeniería Biomédica de las Facultades de Medicina e Ingeniería, investigador del Centro Latinoamericano de Perinatología y Desarrollo Humano (CLAP OPS/OMS) y coordinador del Núcleo de Ingeniería Biomédica (NIB). siminifr@clap.ops-oms.org

**Fernando Nieto** es Médico cardiólogo y bioestadístico, Profesor agregado de Fsiopatología, investigador del Centro Latinoamericano de Perinatología y Desarrollo Humano (CLAP OPS/OMS) y docente del Núcleo de Ingeniería Biomédica (NIB). Ejerce como Consultor en temas de electrónica médica, estadística y logística en el área de la Salud. Fallece prematuramente el 2 de febrero de 2001. nietofer@clap.ops-oms.org

**Rafael Canetti** es Profesor del Instituto de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería y director del Departamento de Control y Electrónica Industrial, del cual el NIB forma parte. canetti@iie.edu.uy

**Pedro Tonarelli** es Ingeniero jefe de mantenimiento del CASMU desde 1983 a 1996 y consultor desde entonces. Jefe del departamento de ingeniería clínica (DIC) del Centro Hospitalario Pereira Rossell (CHPR) de 1995 a 2000 y desde entonces es asesor de la Comisión para Ejecución y Control de Obras del CHPR. Asesor de la mutualista COMEPA de Paysandú. Actuó como Consultor en adquisiciones de equipo biomédico de envergadura para el Estado e instituciones de asistencia médica del país. ptonarell@adinet.com.uy

**Raúl Ruggia** es Director del Instituto de Computación (INCO) de la Facultad de Ingeniería. ruggia@fing.edu.uy

**Gregory Randall** es Director del Instituto de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería y coordinador del Grupo de Tratamiento de Imágenes. randall@iie.edu.uy

# El respaldo de la calidad.

ISO 9001 : 1994
Registro 008

***Saceem***, *empresa multidisciplinaria de Ingeniería y Construcción mantiene el liderazgo en base a su capacidad institucional de gestión.*

*Máximos niveles de tecnología y profesionalismo para el estricto cumplimiento de la calidad y las expectativas de sus clientes.*

**Saceem**

*Treinta y Tres 1468*
*Tel. 916 02 08 - Fax 916 39 39*

## Para que todos podamos respirar...

## *Montevideo tu ambiente ¡cuidalo!*

**INTENDENCIA MUNICIPAL DE MONTEVIDEO**
***DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL***

## *ANTELDATA* es la red de datos más poderosa del Uruguay.

Con *ANTELDATA* usted puede interconectar las oficinas de Montevideo con las de Nueva York en forma ininterrumpida, las 24 horas del día, transmitiendo datos, fotos, videos, archivos, sonidos.

*ANTELDATA* posibilita compartir información como si todos estuvieran en la misma oficina. *ANTELDATA* es el líder en servicios de datos. Por volumen de operaciones, por número de clientes, por infraestructura y por recursos humanos calificados. Sólo *ANTELDATA* cubre el Uruguay entero, abarcando todas las opciones tecnológicas de última generación.

En servicios de datos, apóyese en el líder.

Consúltenos, tenemos una solución para usted
0800-2030
www.anteldata.com.uy

ANTELDATA

**DATAEXPRESS** - Enlaces transparentes digitales y bidireccionales, punto a punto o multipunto, con calidad de servicio.
**DATAMUNDI** - Transmisión internacional de datos mediante enlaces transparentes digitales y bidireccionales.
**FRAME RELAY** - Eficiencia óptima en interconexiones de redes virtuales de datos.
**FRAME RELAY INTERNACIONAL** - Eficiencia óptima para redes virtuales de datos internacionales.
**MEGAEXPRESS** - Alta velocidad con tecnología inalámbrica.
**MINISAT** - Enlaces vía satélite.
**ACCESO DEDICADO A INTERNET** - Enlaces digitales de alta confiabilidad.
**ADSL** - Acceso dedicado a Internet de alta velocidad.
**URUGUAYNET** - Red IP nacional con proyección regional.
**URUPAC** - Transmisión de paquetes de información.
**VIDEOMUNDI** - Videoconferencias bilaterales o multilaterales.